中国煤层瓦斯分布特征

张子敏 林又玲 吕绍林 著



煤炭工业出版社

TD712
Z[illegible]

原煤炭工业部和河南省重点学科建设专项基金资助

中国煤层瓦斯分布特征

张子敏　林又玲　吕绍林　著

煤炭工业出版社

890580

内 容 提 要

本书是以全国煤矿瓦斯地质编图项目为基础资料，作者在完成了1∶200万中国煤层瓦斯地质图的研制、出版基础上，结合中国煤田地质学、中国区域地质学、板块构造学说等理论，编写完成的一部瓦斯地质专著。书中介绍了煤层瓦斯形成的地质基础，煤层瓦斯赋存的控制条件，中国煤层瓦斯分布的基本特征，华北、华南、东北、西北四大地区煤层瓦斯分布特征，川滇青藏地区和台湾省的瓦斯地质概况以及中国煤层瓦斯资源及开发前景。本书是对中国煤层瓦斯地质研究迄今为止的一次比较系统的总结，对瓦斯灾害的预测与防治具有重要指导意义，对煤层气开发利用和国家制定能源开发规划有重要参考价值。

本书可供煤炭系统科研院所研究人员和工矿企业的工程技术人员参考，也可作为煤炭高等院校有关专业的参考教材。

图书在版编目（CIP）数据

中国煤层瓦斯分布特征/张子敏等著. -北京：煤炭工业出版社，1998

ISBN 7-5020-1669-4

Ⅰ.中… Ⅱ.张… Ⅲ.瓦斯煤层-地质构造-中国 Ⅳ.P618.110.2

中国版本图书馆CIP数据核字（98）第37684号

本书内中国国界线系按照中国地图出版社1989年出版的1∶400万《中华人民共和国地形图》绘制

中国煤层瓦斯分布特征

张子敏 林又玲 吕绍林 著

责任编辑：牟金锁 马淑敏

煤炭工业出版社 出版

（北京朝阳区和平里8号 100016）

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm 1/16 印张9 插页3

字数201千字 印数1—655

1998年12月第1版 1998年12月第1次印刷

书号4138 定价17.50元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，本社负责调换

——谨以此书献给所有
为瓦斯地质学科创立和发展
做出贡献的人们！

序

煤层瓦斯是生于煤层、储于煤层的非常规天然气，主要成分为甲烷，亦称煤层甲烷或煤层气，是一种方便、燃烧效率较高的洁净能源。但是，在煤矿中煤层瓦斯涌出和煤与瓦斯突出严重威胁着人身、财产安全。而且煤的产量愈高、采深越大，瓦斯灾害的威胁也愈大，成为制约煤炭生产的主要障碍之一。为了增加新能源，改善中国以煤为主的能源结构，减少因用煤和煤矿甲烷逸散进入大气造成的环境污染，应该加速发展煤层气工业。因此从煤矿减灾和开发利用煤和煤层气两大能源的角度出发，需要对煤层瓦斯进行深入的研究，特别是研究煤层瓦斯的成因、赋存、保存和分布特征。

中国煤炭资源丰富，年产量达12亿t以上。悠久的煤矿开采历史，积累了丰富的瓦斯地质资料。作者张子敏、林又玲、吕绍林从整理建国以来40余年煤矿矿井瓦斯涌出、突出和检测资料中，以近2000对矿井瓦斯涌出、270余对矿井煤与瓦斯突出资料和600余套矿井、125套矿区、25套省（区）瓦斯地质图和相应的说明书为基础资料，参阅国内外大量的瓦斯地质文献，运用中国区域地质学、煤地质学的理论，吸取板块构造学说的新进展，结合槽台观点，在深入了解中国各地质时代含煤岩系的形成与演化及其大地构造背景的基础上，以动态的观点研究了各含煤岩系的煤层瓦斯的生成、保存与分布。

只有搞清在大地构造控制下，作为瓦斯母体的煤层其深成变质作用和岩浆热变质作用的特点与影响，才能搞清煤层瓦斯的生成条件；地壳变动的结果会使约80%的煤层瓦斯逸散掉，因此只有搞清各级构造单元及其不同块段的隆起、坳陷演化史和风化、剥蚀以及挤压、褶皱等构造特征，才能搞清挤压、推覆构造等如何形成构造煤，才能搞清煤层瓦斯的保存条件、赋存条件、涌出量和煤与瓦斯突出的地质原因。

作者在该专著中论述了中国煤层瓦斯赋存的控制条件；提出了中国煤田高瓦斯赋存量、高瓦斯矿井瓦斯涌出量分布规律的5点认识和中国煤田低瓦斯赋存量、低瓦斯矿井瓦斯涌出量分布规律的5点认识；论述了中国煤与瓦斯突出、煤与CO_2突出的原因；指出在强挤压、逆冲推覆等构造破坏而形成的构造煤是高瓦斯含量煤，高CO_2含量煤发生突出的充分条件，并解释了正断层发育地带发生煤与瓦斯突出的原因；论述了中国煤田煤与瓦斯突出区域分布规律的4点认识；进而用大量篇幅详细阐述了中国五大地区和台湾省的煤层瓦斯形成和分

布的地质背景，尤其是大地构造及其演化的控制作用，并在此基础上探讨了华北、华南、东北、西北四大地区煤层瓦斯分区、分带和各个矿区（煤田）的瓦斯特征。

本书作者近20年来潜心研究煤矿瓦斯地质和中国煤层瓦斯分布规律并参加全国煤矿瓦斯地质编图项目的研究工作；张子敏同志与已故的张祖银教授共同负责完成了1∶200万中国煤层瓦斯地质图与说明书。他们在瓦斯地质研究上具有多年的理论与实践的经历，因此能够站在煤炭与煤层气两大能源开发利用的高度，从解决矿井瓦斯涌出量预测、煤与瓦斯突出预测和煤层气开发利用三个重要技术难题的角度，引用板块构造学说，比较全面系统地阐述了中国煤层瓦斯的成因、赋存与分布规律以及煤与瓦斯突出、二氧化碳突出的地质成因和危险区的分布规律等新的认识，取得了可喜的成果，达到国内领先水平。说这本专著是对中国煤层瓦斯地质研究迄今为止的一次较系统的总结也不为过。因此它对瓦斯灾害预测防治研究有指导意义，对煤层气开发利用和对国家制定能源开发规划具有重要参考价值。

杨起

98,7,12

前　言

近年来，煤田地质学和中国区域地质学的研究成果及其发展，为瓦斯地质学的发展和进行中国煤层瓦斯分布规律的研究奠定了基础。研究煤层瓦斯的生成、保存条件，是研究煤层瓦斯分布规律的关键。煤层瓦斯的生成，受成煤条件、有机质的发育特征和煤化作用条件的制约。煤层瓦斯的保存，主要受区域地质历史演化条件的制约，各级构造单元对其具有不同的控制作用。笔者运用板块构造学说，结合槽台观点，研究了古板块发展时期和现代板块活动时期的煤层瓦斯生成、保存条件；研究了煤层挤压变形、剪切破坏及形成构造煤对煤层瓦斯赋存状态和对煤与瓦斯突出危险区分布的控制作用。在现代板块活动时期，板块碰撞带、岩浆活动带、构造变形带，逆冲推覆隆起带，拉张断陷带，深断裂活动带及构造应力场变化等，对煤层瓦斯的保存条件、煤层瓦斯的赋存特征和煤与瓦斯突出危险区的分布影响明显。因此，对中国煤层瓦斯分区分带特征的认识和划分也非常重要。

笔者在《中国煤层瓦斯分布特征》这一专著中，依据中国煤矿职工多年来同矿井瓦斯灾害作斗争所积累的大量的瓦斯涌出、煤与瓦斯突出和检测的瓦斯地质资料，结合地质学理论，系统地研究探讨了煤层瓦斯形成、赋存、分布规律，煤与瓦斯突出和煤、岩与二氧化碳突出的原因和规律。特别是根据中国区域地质研究的系统理论，板块构造学说的发展及其成果研究探讨了中国煤层的形成、煤化作用、煤田构造等的演化历史，对煤层瓦斯的生成、保存、运移、储集的控制，对煤与瓦斯突出、二氧化碳突出灾害发生的控制。

焦作工学院杨力生教授及其课题人员在原煤炭工业部领导的支持下，与全国25省（区）的煤矿专业人员3000余人共同系统地整理了全国的瓦斯地质资料，共编制了矿井瓦斯地质图及说明书600余套，矿区图及说明书125套，省（区）瓦斯地质图及说明书25套。1992年，张祖银和张子敏共同负责完成的1∶200万中国煤层瓦斯地质图及说明书，为本书的撰写提供了可靠的基础资料。另外，本书的撰写还参考了近年来国内、外研究瓦斯地质的成果资料。

本书是由张子敏、林又玲、吕绍林三位同志密切合作、努力完成的。全书共九章，前言，第一章第一节，第三、八章，由张子敏编写；第一章第二、三、四节，图版说明及图版由林又玲编写；第二章由吕绍林和张子敏编写；第五、六章由张子敏和吕绍林编写；第四、七章由张子敏和林又玲编写；第九章由吕绍林编写。张瑞林完成了书稿中文字、插图、表格的排版工作。潘结南、余永强和夏代林完成了书稿的打印工作。

本书在论述中国煤层瓦斯及其分布规律中，涉及的地域辽阔，知识面广，参考引用的文献与资料也比较多。书中有很多认识有待于在实践中进一步检验，若有谬误之处，敬希读者指正。

本书的出版，应感谢原煤炭工业部总工程师赵全福和各省（区）煤炭厅（局）、矿务局有关领导和参加全国瓦斯地质编图项目的同志们；感谢煤炭科学研究总院抚顺分院、重庆分院、西安分院，中国矿业大学、淮南矿业学院、山东矿业学院、西安矿业学院、辽宁工程技术大学、太原理工大学、焦作工学院等科研院（校）多年潜心瓦斯技术研究的专家、教

授和研究工作者。

著名的煤地质学家、中国科学院院士杨起，在书稿的撰写过程中给予了精心的指导，并为本书作序。韩德馨、关士聪、何继善院士也给予了关怀和指导，在此一并表示最衷心地感谢。

作　者

1998年8月29日

目　　录

序

前言

第一章　煤层瓦斯形成的地质基础 …… 1

1.1　大地构造背景 …… 1

1.1.1　中国大陆的基本构造单元 …… 1

1.1.2　中国的四大地质构造域和断裂系统 …… 5

1.1.3　煤层瓦斯分布的构造环境 …… 13

1.2　含煤地层中的有机质特征 …… 18

1.3　煤的有机显微组分和地球化学特征 …… 20

1.3.1　富烃煤层煤的有机显微组分 …… 21

1.3.2　煤层烃类气体的地球化学特征 …… 23

1.3.3　煤的显微孔隙特征 …… 28

1.3.4　煤的沉积环境对煤显微组分的影响 …… 31

1.4　煤化程度与煤层瓦斯的关系 …… 32

1.4.1　煤层瓦斯的富集与煤化程度的关系 …… 32

1.4.2　中国各地区煤的煤化程度和煤种分布概况 …… 33

1.4.3　煤的变质作用与煤的镜质组反射率的关系 …… 34

第二章　煤层瓦斯赋存的控制条件 …… 38

2.1　煤层瓦斯赋存、涌出和突出 …… 38

2.1.1　煤层瓦斯的赋存 …… 38

2.1.2　煤层瓦斯的涌出和突出 …… 40

2.2　煤层瓦斯赋存的控制条件 …… 51

2.2.1　地质构造 …… 51

2.2.2　围岩 …… 52

2.2.3　地史演化过程中的风化、剥蚀程度 …… 54

2.2.4　煤层的埋藏深度 …… 54

2.2.5　地下水的活动 …… 56

第三章　中国煤层瓦斯分布的基本特征 …… 57

3.1　不同含煤地层的煤层瓦斯分布特征 …… 57

3.2　煤层瓦斯分布的区域构造控制 …… 60

3.2.1　区域大地构造单元的稳定性和活动性对含煤地层的控制 …… 60

3.2.2　区域大地构造单元的运动学、地球动力学特征及地质构造演化历史对煤层瓦斯的生成、保存和煤与瓦斯突出的控制 …… 60

3.3　中国煤层瓦斯区域分布规律 …… 64

3.3.1　煤层瓦斯赋存和矿井瓦斯涌出量的区域分布规律 …… 64

3.3.2　煤与瓦斯突出的区域分布规律 …… 65

3.4　中国煤层瓦斯的分区、分带特征 …… 68

3.4.1 不同瓦斯等级的矿井分布概况 …… 68
3.4.2 不同瓦斯等级的矿区和煤田分布概况 …… 69
3.4.3 各大地区的矿井瓦斯涌出量分布概况 …… 69
3.4.4 煤层瓦斯在空间分布上的分区、分带概况 …… 69
第四章 华北地区煤层瓦斯分布特征 …… 70
4.1 煤层瓦斯形成和分布的地质背景 …… 70
4.1.1 构造演化和含煤地层 …… 70
4.1.2 煤层瓦斯形成和分布 …… 73
4.2 煤层瓦斯分布特征 …… 74
4.2.1 阴山、燕、辽高瓦斯区 …… 74
4.2.2 鲁、苏北低瓦斯区 …… 77
4.2.3 冀东、豫北低瓦斯区 …… 78
4.2.4 山西低瓦斯区 …… 79
4.2.5 桌、贺、鄂尔多斯盆地低瓦斯区 …… 82
4.2.6 豫西高瓦斯区 …… 84
4.2.7 两淮、豫东高瓦斯区 …… 84
第五章 华南地区煤层瓦斯分布特征 …… 86
5.1 煤层瓦斯形成和分布的地质背景 …… 86
5.2 煤层瓦斯分布特征 …… 88
5.2.1 滇中、川西南低瓦斯区 …… 88
5.2.2 川南、黔北、黔西高瓦斯区 …… 89
5.2.3 四川盆地、龙门山、大巴山高瓦斯区 …… 91
5.2.4 鄂西、湘西、黔东、桂中南低瓦斯区 …… 93
5.2.5 赣、湘、粤、桂东高瓦斯区 …… 94
5.2.6 下扬子地区高瓦斯区 …… 97
5.2.7 浙、闽沿海低瓦斯区 …… 98
第六章 东北地区煤层瓦斯分布特征 …… 100
6.1 煤层瓦斯形成和分布的地质背景 …… 100
6.2 煤层瓦斯分布特征 …… 102
6.2.1 黑、吉、辽中东部高瓦斯区 …… 102
6.2.2 内蒙古东部低瓦斯区 …… 105
第七章 西北地区煤层瓦斯分布特征 …… 106
7.1 煤层瓦斯形成和分布的地质背景 …… 106
7.1.1 天山－兴安活动带（褶皱区） …… 106
7.1.2 昆仑—秦岭活动带（褶皱区） …… 107
7.1.3 塔里木陆块 …… 109
7.2 煤层瓦斯的分布特征 …… 110
7.2.1 准噶尔盆地低瓦斯区 …… 111
7.2.2 天山低瓦斯区 …… 111
7.2.3 塔里木盆地北、西缘低瓦斯区 …… 112
7.2.4 柴达木盆地北缘、祁连山低瓦斯区 …… 112
第八章 川滇青藏地区和台湾省的瓦斯地质概况 …… 116

8.1 川滇青藏地区的含煤地层和煤层瓦斯概况 …… 116
8.1.1 下石炭统马查拉组 …… 116
8.1.2 上二叠统妥坝组和乌丽组 …… 118
8.1.3 上三叠统土门格拉组和巴贡组 …… 118
8.1.4 中侏罗统普那组 …… 118
8.1.5 下白垩统拉萨群和上白垩统秋乌组 …… 119
8.1.6 第三系 …… 119
8.2 台湾省的含煤地层和煤层瓦斯概况 …… 120
第九章 煤层瓦斯资源及开发前景 …… 122
9.1 概述 …… 122
9.2 资源评价 …… 124
9.3 开发和利用前景 …… 125
参考文献 …… 128
图版说明及图版 …… 131

第一章　煤层瓦斯形成的地质基础

1.1　大地构造背景

1.1.1　中国大陆的基本构造单元

中国大陆是由塔里木—华北板块、华南板块和藏滇板块及西伯利亚板块、印度板块和菲律宾海板块的一部分，经4次拼接而成的。第1次拼接于晚元古代中期，塔里木陆块与华北陆块拼接，并与扬子陆块和华夏陆块汇合形成原始中国古陆；第2次拼接于晚古生代后期，西伯利亚板块南缘与塔里木—华北板块北缘连为一体，形成了天山—兴安活动带；第3次拼接于中生代早期，塔里木—华北板块南缘与华南板块北缘、西缘，以及华南板块西缘与藏滇板块北缘连为一体，同时形成了横贯中国东、西部的昆仑—秦岭活动带；第4次拼接于新生代早期，印度板块北缘与藏滇板块南缘连为一体，形成了川滇青藏活动带。

中国大陆的基本构造单元（图1—1），主要包括：华北陆块，塔里木陆块和扬子陆块；天山—兴安活动带、昆仑—秦岭活动带，川滇青藏活动带，南华活动带和台湾活动带等。

（1）华北陆块（中朝准地台）　华北陆块与塔里木陆块共同组成了塔里木—华北板块的主体，北与天山—兴安活动带（褶皱区）相邻，南与昆仑—秦岭活动带（褶皱区）接壤，自西向东，跨越甘肃、陕西、宁夏、内蒙古、山西、河南、河北、辽宁、山东、安徽、江苏等11个省（区），在中国构造格架中起着中枢作用。它形成于五台—吕梁阶段。基底为太古宙和早元古代的变质岩。盖层包括中、晚元古代，寒武纪—中奥陶世浅海碎屑岩和广海碳酸盐岩；晚石炭世—二叠纪含煤地层；中—新生代陆内裂陷盆地沉积。

华北陆块进一步划分为10个三级构造单元（图1—2），分别是：阿拉善隆起地块（I_1^1）；华北边缘隆起带（内蒙古地轴）（I_1^2）；燕辽中元古裂谷带（I_1^3）；鄂尔多斯中生代坳陷（I_1^4）；鄂尔多斯边缘新生代地堑（I_1^5）；山西隆起（I_1^6）；华北南缘中元古裂谷带（I_1^7）；胶辽隆起（I_1^8）；鲁淮断隆（I_1^9）；华北新生代裂陷盆地（I_1^{10}）。

（2）塔里木陆块（塔里木准地台）　塔里木陆块为镶嵌于天山、昆仑陆缘活动带之间的菱形块体，南北分别以塔里木北缘断裂、南缘断裂为界向东呈楔形连接于华北陆块。它形成于四堡—晋宁阶段。基底为晚太古代的中深变质岩和中元古代的浅变质岩系。盖层：震旦系为陆缘裂谷型复理石沉积；古生界主要为陆表海台盆地和台地相碎屑—碳酸盐岩建造；二叠系为海陆交替相碎屑岩—碳酸盐岩沉积；中—新生界为陆内盆地以河湖沼泽相为主的沉积，富含煤、石膏和油气。

塔里木陆块进一步划分为8个三级构造单元（图1—2），分别是：柯坪古生代坳陷（I_2^1）；库车坳陷（I_2^2）；库鲁克塔格震旦纪裂谷带（I_2^3）；铁克力克—阿尔金中元古代裂谷带（I_2^4）；塔西南坳陷（I_2^5）；民丰—罗布庄断隆（I_2^6）；塔西隆起（I_2^7）；塔东断陷盆地（I_2^8）。

（3）扬子陆块（扬子准地台）　扬子陆块是华南板块的核心，其北部与昆仑—秦岭活

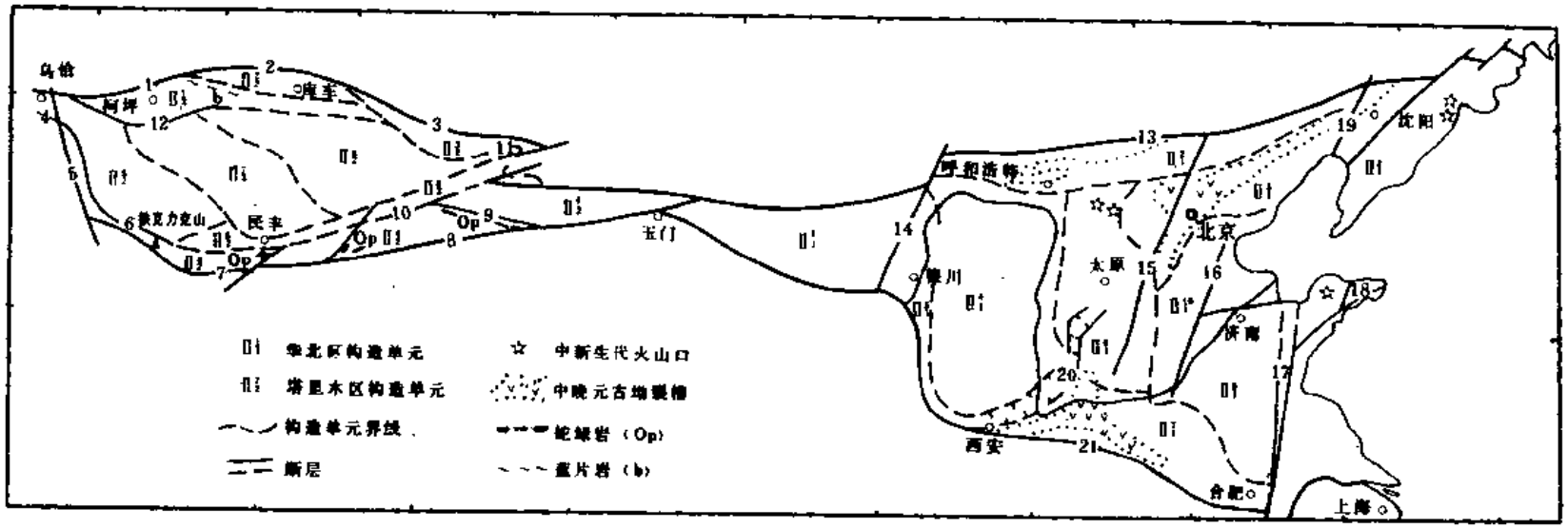


图 1－2　塔里木—华北地区构造分区略图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，－北京：地质出版社 1994. 9）

1—乌恰断裂；2—库尔勒断裂；3—辛格尔断裂；4—布伦口断裂；5—克孜勒陶—库斯拉普断裂；6—塞拉加兹断裂；7—柯岗断裂；8—阿尔金断裂；9—红柳沟断裂；10—矛头山断裂；11—捷山子断裂；12—巴楚断裂；13—华北陆块北缘断裂；14—吉兰泰断裂；15—太行山断裂；16—沧州断裂；17—郯城—庐江断裂；18—五莲—荣成断裂；19—哈尔滨—锦州断裂；20—汾渭地堑；21—华北陆块南缘断裂

动带之间由城口—房县、襄樊—广济、嘉山—响水等断裂组成的扬子陆块北缘逆冲推覆带，并受到郯庐断裂大规模左行平移；西侧与松潘—甘孜活动带、羌伯—昌都—思茅微陆块之间为龙门山—青河推覆和红河走滑推覆构造带；南侧与南华活动带相邻。

扬子陆块形成于四堡—晋宁期，中元古代末，南华狭窄洋盆萎缩、消亡，华夏、扬子两古陆块碰撞，在绍兴—萍乡—北海一线对接。青白口纪早世，对接不久的扬子、华南陆块发生离散，南华裂谷式海槽开始形成。青白口纪末，扬子、塔里木—华北、印支古陆块开始聚合，成为中国古地台的组成部分。

扬子陆块的基底一般为上元古代的浅变质岩，局部为晚太古代—早元古代的深成变质岩。盖层发育，早震旦世为磨拉石建造；晚震旦世至志留纪为广海碳酸盐岩和碎屑岩；泥盆纪至中三叠世为海相碳酸盐岩、碎屑岩和海陆交替相含煤岩系组成，同时，形成了中国南方石炭纪至二叠纪重要的含煤地层。川西、滇东有大片晚二叠世玄武岩流分布；晚三叠世至新生代为陆内裂陷盆地型暗色含煤碎屑岩建造、红色碎屑岩建造和含膏岩建造。晚二叠世龙潭组煤层发育较好，是华南地区最主要的含煤地层。

扬子陆块划分5个三级构造单元（图1—3），分别是：上扬子地块（1—1）；下扬子地块（1—2）；康滇地块（康滇地轴，1—3）；江南地块（江南古陆，1—4）；浙西地块（1—5）。

（4）天山—兴安活动带（天山—兴安褶皱区）　天山—兴安活动带分布于中国最北部，地跨西伯利亚板块，属于西伯利亚大陆和塔里木—华北大陆之间的古亚洲洋的褶皱山区。它西起乌拉尔山，东临太平洋，包括了亚洲北部的一系列的山系和大型盆地，如阿尔泰山、天山、兴安岭、长白山和准噶尔、伊犁、吐鲁番—哈密、二连、嫩松等盆地。

天山—兴安活动带实际上是西伯利亚板块南缘准噶尔—兴安活动带与塔里木—华北板块北缘天山—赤峰（陆缘）活动带不断增生、拼贴，于早二叠世沿着伊林哈别尔尕—索伦山—西拉木伦北—敦化—延吉一线即伊林哈别尔尕—西拉木伦北结合带碰撞、对接，以及后期不断发展演化的结果。它又进一步划分为几个主要的次级构造单元，分别是：阿尔泰—额尔齐斯古生代陆缘增生褶皱带；准噶尔—兴安岭古生代陆缘增生褶皱带；准噶尔微陆块；锡林浩特微陆块；嫩松—佳木斯微陆块、伊林哈别尔尕—觉罗塔格古生代陆缘增生褶皱带；伊犁—伊塞克湖微陆块；中天山地块；北山裂谷带；温都尔庙—西拉木伦古生代陆缘增生褶皱带，参见图6—1。

（5）昆仑—秦岭活动带（昆仑—秦岭褶皱区）　昆仑—秦岭活动带位于塔里木、华北、扬子等陆块之间，横贯于中国中部，主要由昆仑山，祁连山、秦岭、北大巴山和大别山等组成。其形成和活动与塔里木、华北、扬子、藏滇四大陆块都有密切的关系，实质上是四大陆块碰撞拼贴以及滨太平洋、新特提斯构造域叠加和改造的结果。晋宁期分属于塔里木—华北板块南部边缘带和华南板块北部边缘带，两个边缘带之间为晋宁期板块结合带；古生代到中生代为不同构造期影响的陆缘活动带；新生代受到滨太平洋构造域和新特提斯构造域的叠加和改造。它又进一步划分为几个主要的次级构造单元，分别是：西昆仑褶皱系；柴达木微陆块；祁连—北秦岭褶皱系；武当山隆起；东昆仑—南秦岭褶皱系和松潘—甘孜印支褶皱系，参见图7—1。

（6）川滇青藏活动带（川滇青藏褶皱区）　川滇青藏活动带由印度板块北缘和华南板块西缘的若干陆块、活动带和结合带组成，自南而北①喜马拉雅（逆冲）块片与雅鲁藏布

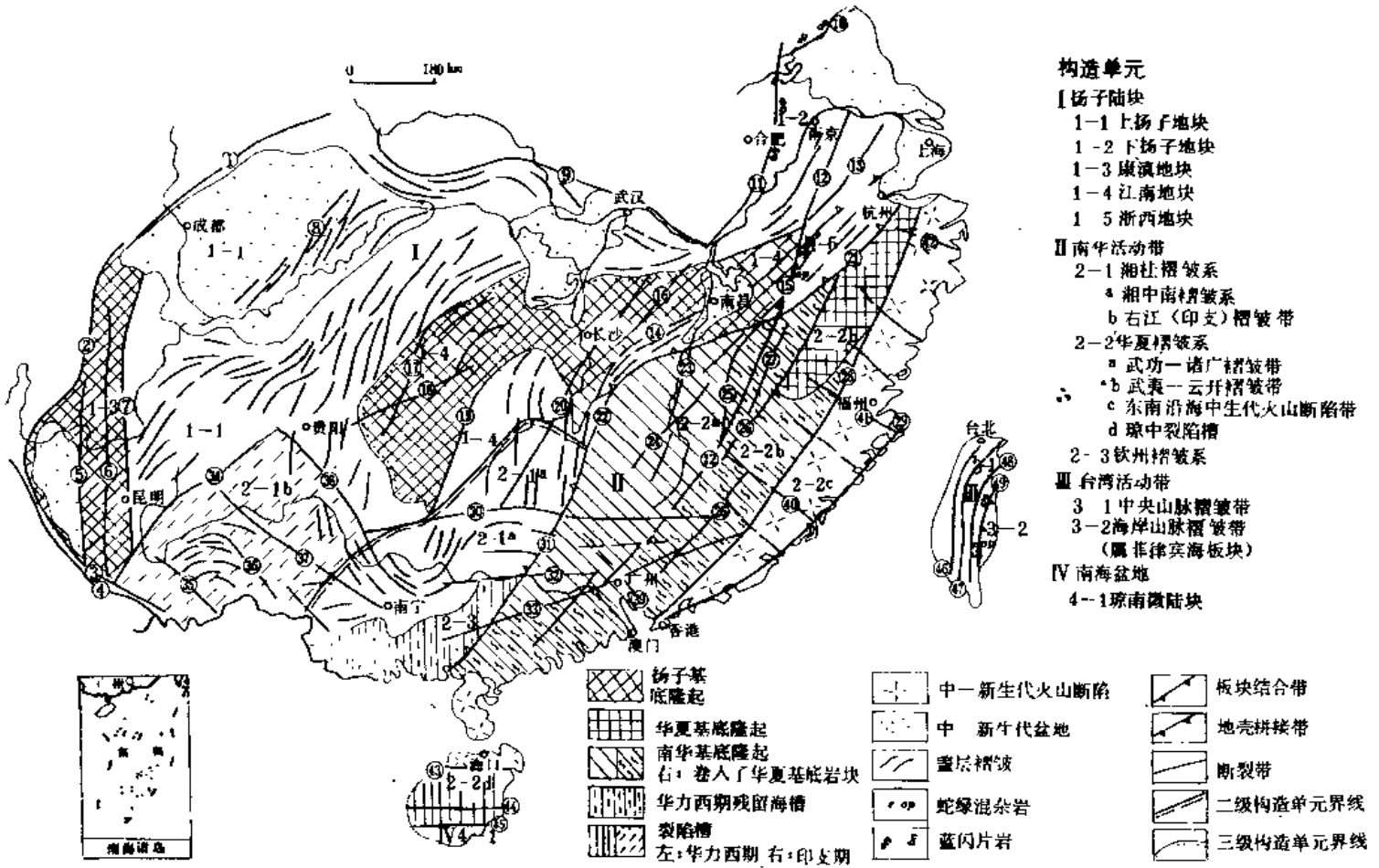


图 1—3 华南地区构造分区示意图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，北京：地质出版社，1994，9）

主要断裂带

①龙门山；②箐河；③红河；④哀牢山；⑤绿汁江；⑥安宁河；⑦小江；⑧华蓥山；⑨扬子陆块北缘；⑩嘉山—响水；⑪郯庐；⑫屯溪—安远；⑬江南；⑭长兴—宜丰；⑮敖县—德兴；⑯修水—铜鼓；⑰慈利—武鸣；⑱怀化—贵阳；⑲溆浦—三江；⑳长寿街—双牌；㉑绍兴—鹰潭；㉒宜春—郴州；㉓赣江；㉔抚州—遂川；㉕宜黄—宁都；㉖崇安—河源；㉗光泽—武平；㉘丽水—莲花山；㉙南澳—香港；㉚宜山—全南；㉛滕县—北海；㉜四会—吴川；㉝钦州—梅州；㉞师宗—弥勒；㉟那坡；㊱靖西—索左；㊲右江；㊳紫云—南丹；㊴连县—香港；㊵上杭—云霄；㊶松溪—宁慈；㊷余杭—三门湾；㊸千五—文昌；㊹感城—万宁；㊺九所—陵水；㊻台西山麓；㊼苏澳；㊽屈尺；㊾台东纵谷

江结合带和陆缘活动带；②冈底斯—腾冲（陆缘）活动带和班公错—怒江结合带以及羌中南—唐古拉—保山陆块与澜沧江结合带；③羌伯—昌都—思茅微陆块与松潘—甘孜（陆缘）活动带和金沙江结合带，参见图 8—1。

（7）南华活动带（南华褶皱区） 南华活动带是一个兼有活动带和年青陆块特征的构造单元，基底为分布于浙南、闽北、云开、海南以及东海陆架的一套中深变质杂岩，大约是吕梁期后，从扬子早前寒武纪分离出的块体，称为华夏古陆。古陆块西部边界（即扬子、华夏古陆块的结合带），不少人认为在绍兴—鹰潭、佛冈、北海一线，代表了早、中元古代岩块的分布边界。但从地质、地球物理资料综合考虑，它的东端很可能分别起自绍兴、长兴、汇合于东乡，经萍乡北，折向郴州达北海附近。震旦纪—志留纪，在沿绍兴—萍乡—北海古结合带的基础上，迁就丽水—莲花山、鹰潭—安远、溆蒲—三江等古断裂发展起来的南华裂谷，子志留纪末封闭，形成了辽阔的南华加里东褶皱区，与扬子陆块连为一体，进入了统一的华南板块发展阶段。此后，它们的沉积建造特点也大体相同。

南华活动带划分 4 个三级构造单元（图 1—3），分别是：湘桂褶皱系（2—1）；华夏褶皱系（2—2）；钦州（华力西）褶皱系（2—3）；东海陆架（2—4）。

（8）台湾活动带 台湾活动带属太平洋岛弧活动带的组成部分，主要为新生代褶皱系。以台东纵谷缝合带为界划分中央山脉褶皱带和海岸山脉褶皱带。台东纵谷缝合带是一条强烈的活动带，为一个北北东向狭长谷地，两侧的断裂带都兼有左旋平移的高角度逆冲断裂。中央山脉褶皱带大部地区为巨厚的第三纪地槽型沉积，沉积了中新世的含煤岩系。该带自东向西又分为：东部大南澳隆起带；中部为台西前陆逆冲褶皱带；西部为台澎断陷带。参见图 1—3。

1.1.2 中国的四大地质构造域和断裂系统

1.1.2.1 中国的四大地质构造域

中国现今地质构造实际上是奠基于古板块形成、发展的基础上，现代板块活动的叠加和改造。古板块主要是晋宁期—印支期形成的以塔里木—华北板块为中枢的古亚洲构造域；以扬子古陆，华夏古陆为核心的古华夏构造域（华南板块）。现代板块活动主要是中、新生代以来形成的欧亚超级板块与库拉—太平洋超级板块俯冲、碰撞在我国东部形成的滨太平洋构造域；印度板块刚性块体持续强烈推挤欧亚超级板块，在我国的西部地区形成了以藏滇板块、华南板块西部陆缘带为主体并影响到昆仑—秦岭活动带的西段的特提斯构造域，地球动力学以印度板块和西伯利亚板块持续对挤为特征。这种动力体系并可向北扩展到塔里木盆地，准噶尔盆地等，持续控制着那里的变形特征（图 1—4）。

（1）古亚洲构造域 古亚洲构造域动力体系的特点，以塔里木—华北板块为中枢，北部与西伯利亚板块反复开、合，南部与扬子陆块反复开、合，形成了以东西向为主的褶皱带（造山带），与之相配套的有平行、垂直、斜交（剪切）的古亚洲断裂系统。燕山期后，西部受到新特提斯构造域的干扰，走向向 NWW 向偏转，东部遭受 NE—NNE 向滨太平洋构造域的叠加和改造，构造面貌发生扭曲和复杂化。

古亚洲构造域（图 1—4. Ⅰ）范围包括天山—兴安构造区（天山—兴安活动带）（$Ⅰ_1$）；塔里木—华北构造区（塔里木陆块和华北陆块）（$Ⅰ_2$）；昆仑—秦岭构造区（昆仑—秦岭活动带）（$Ⅰ_3$）。

（2）古华夏构造域 古华夏构造域动力体系的特点，导源于扬子、华夏古陆沿绍兴—

萍乡—北海结合带的多次开裂与压缩和来自东南方向太平洋板块的俯冲。

古华夏构造域（图 1—4. Ⅱ）范围，主要包括扬子陆块和南华活动带两大构造单元，它奠基于扬子、华夏两个古陆块以及这两个古陆块碰撞所形成的弧形造山带。此后，受到多期拉伸裂陷和来自东南方向的压缩作用，经加里东、华力西运动，发展至印支期，形成一个围绕上扬子地块，总体作北东—北东东向展布的叠加式复合造山带，其与川滇青藏地区向北东方向突出的弧形造山带大体对称，它们互有影响，于攀西、黔东南两条南北向构造带之间，为一显著的干扰带。

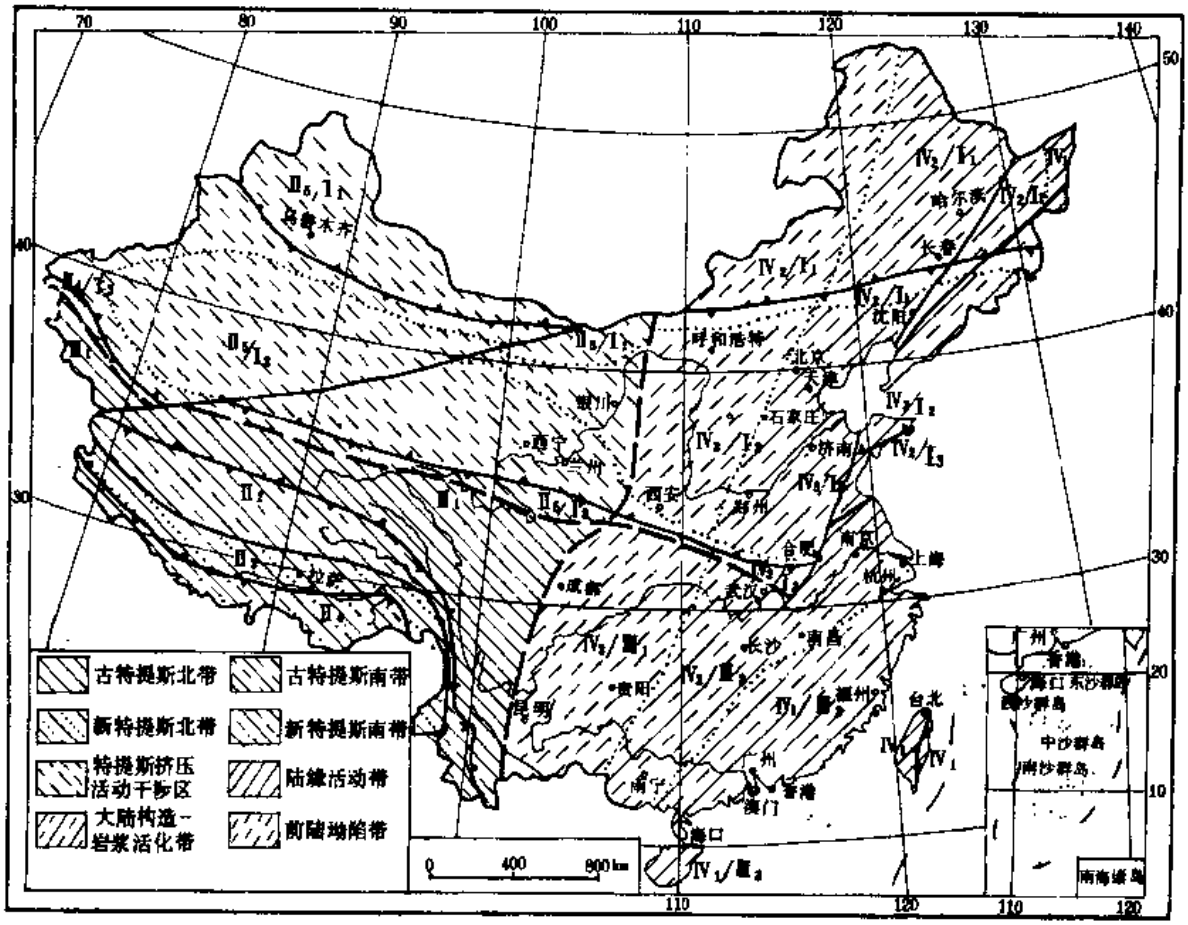


图 1—4　中国构造域区划略图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编．—北京：地质出版社，1994．9）

Ⅰ古亚洲构造域；$Ⅰ_1$ 天山—兴安区（包括准噶尔—兴安及天山—赤峰活动带）；$Ⅰ_2$ 塔里木—华北区；$Ⅰ_3$ 昆仑—秦岭区；Ⅱ特提斯构造域；$Ⅱ_1$ 古特提斯北带；$Ⅱ_2$ 古特提斯南带；$Ⅱ_3$ 新特提斯北带；$Ⅱ_4$ 新特提斯南带；$Ⅱ_5$ 特提斯挤压活动干涉区。Ⅲ古华夏构造域；$Ⅲ_1$ 上扬子—康滇带；$Ⅲ_2$ 下扬子—江南带；$Ⅲ_3$ 华夏带；Ⅳ滨太平洋构造域；$Ⅳ_1$ 陆缘活动带（包括台湾—完达山活动带或板片）；$Ⅳ_2$ 大陆构造—岩浆活化带；$Ⅳ_3$ 前陆坳陷带　带齿粗线为板块结合带；粗实线为断裂带；点线为次级构造单元界线；粗断线为构造域界线；$Ⅳ_2/Ⅱ_2$ 为不同时期、不同构造域的叠加区

（3）特提斯构造域（图 1—4. Ⅱ）　主要包括，昆仑—秦岭活动带以南、扬子陆块以西的青藏高原地区。分属华南板块的西部陆缘带、印度板块北缘和藏滇板块。它们是由 5 条含有蛇绿岩带的结合带与 5 个块体相间排列，呈现条带状的构造格局。这是一个活动于晚

古生代以来的构造域，包括北部的古特提斯和南部的新特提斯。从地史发展看，构造运动开始于华力西期，其后的中、新生代历次构造运动逐渐加强，始新世构造运动最为强烈，印度板块向欧亚板块强烈挤压。区域性断裂及褶皱都以弧形展布为其特点，北部主要褶皱及断裂一般大致呈东西向，向东南急转为南北向；在转折部位，地壳强烈压缩各级构造呈束状紧密排列，向南又逐渐撒开，形成帚状构造，次级构造也以弧形为其特点。主要断裂深切地壳，常为微板块之间结合带。特提斯构造域形成了与其配套的特提斯断裂系统。

（4）滨太平洋构造域　中生代中、晚期，库拉—太平洋超级板块，向联合成一个整体的欧亚超级板块多次俯冲，并相对左旋走滑，从而形成了极为壮观的滨太平洋构造域，使中国大陆东部遭受了大面积，大规模的改造。波及范围大致在东经102°～106°，即贺兰山—龙门山—康滇南北构造带以东，在空间构造上，呈NE—NNE向向洋分带。重叠于古亚洲构造域和古华夏构造域之上，原有的EW向、NEE向构造，被叠加、改造为NE向、NNE向；在时间上于侏罗纪进入剧动期，向洋迁移。自西向东可划分3个大带和7个次级的NNE向构造带，参见图1—4.Ⅳ和图1—5。3个大带分别如下：

①鄂尔多斯—四川前陆坳陷带（图1—5.Ⅰ）。它继承印支期盆地发展，晚白垩世，喜马拉雅期整体上升。它既是西侧特提斯造山带的前陆盆地，也是东侧滨太平洋造山带的前陆坳陷盆地。是中国晚二叠世、晚三叠世、早中侏罗世重要的含煤盆地。

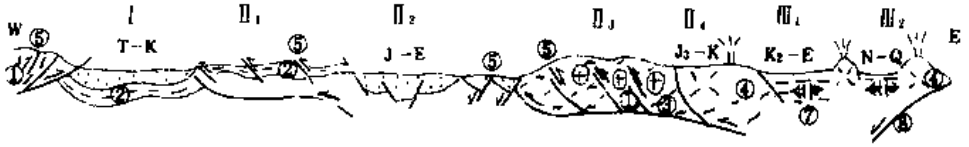


图1—5　中国东部滨太平洋构造分带示意图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编．—北京：地质出版社，1994，9）

①—变质基底岩块；②—沉积岩；③—花岗质侵入岩；④—火山岩；⑤—逆冲（推覆）断层；⑥—正断层；⑦—离散方向；⑧—板块俯冲带；Q—第四系；N—上第三系；E—下第三系；K—白垩系；J—侏罗系；T—三叠系

②大陆构造—岩浆“活化”带（图1—5.Ⅱ）。它西自大兴安岭—太行山—武陵山，东到沿海地带，为燕山期陆块挤压扭动、“活化”造浆最强烈的地带，可进一步划分为以下4个带：

大兴安岭—太行山—武陵山隆起带（图1—5.Ⅱ$_1$）：为一束NNE向断裂、褶皱组成的巨大的山链，也是中国东部最显著、规模最大的NNE向重力梯级带和地壳厚度陡变带。武陵山、雪峰山一带发育侏罗山式褶皱和指向四川前陆盆地的逆冲推覆构造，显示前陆褶皱逆冲带的一些特点。

松辽—华北—江汉断陷带（图1—5.Ⅱ$_2$）：为发育燕山早中期隆起构造背景上的燕山晚期至喜马拉雅期断陷带。在大兴安岭—武陵山山链以东，郯庐断裂带以西，形成了数百个大小不等的地堑、半地堑式的陆相盆地。松辽盆地裂陷作用始于晚侏罗世，伴有双峰式火山喷发。华南地区为小型的北东—北北东向盆地群，开始形成于早白垩世，晚白垩世得到进一步扩张，此后逐渐萎缩，伴有玄武质岩浆喷溢。该带的形成早期可能包括两个因素：一是造山后陆块发生松弛；二是造山带向沿海迁移后引起的后缘扩张作用有关。晚白垩世晚

期后，则与印度板块活动引起的伸张作用有关。

长白-诸广构造隆起带（图 1—5. Ⅱ$_3$）：该带为一条侏罗纪构造隆起带，也是一条最重要的板内花岗岩带，包括长白、胶辽与诸广、岭南两区，呈斜列分布，伴有主体为NE—NNE向断裂网格，它们的一部分为松辽、华北断陷所叠加掩盖。该带主要活动于侏罗纪。由于板内挤压、地壳拆离滑脱、深层重熔，地壳膨胀上隆，形成了大量陆壳重熔型花岗岩。

东南沿海花岗岩、火山岩山弧（图 1—5. Ⅱ$_4$）：包括粤闽浙沿海、大陈—济州花岗岩、火山岩带，向东北延至朝鲜半岛南部，形成于晚侏罗世至白垩纪。这时库拉板块自玉里带斜向俯冲至武夷山东侧，在形成大量重熔型及部分同熔型花岗岩的同时，有剧烈的钙碱性火山喷发。以郯庐断裂为代表的左行平移断裂带，这时进入了活跃期。

③陆缘活动带（图 1—5. Ⅲ）。它包括两个亚带：陆缘海域沉降带，形成于晚白垩世或第三纪；完达山—台湾碰撞造山带，完达山为一外来板片，台湾则为弧陆碰撞造山带。喜马拉雅晚期（上新世以来）台东发生弧陆碰撞造山带，其西部则依次出现前陆褶皱逆冲带和前陆盆地，迄今造山作用仍在向西推进。

与该构造域相配套的为强大的华夏—滨太平洋断裂系统。

上述 4 个构造域，它们之间相互干涉或先后叠置，往往不存在截然边界，即存在着显著的复合、联合现象．在中国中部东经 100°～110°之间尤具特征。长期以来，作为古亚洲、特提斯、古华夏三大构造域聚合点的上扬子古陆块，被压缩成一个菱块状的前陆盆地；在松潘—甘孜地区出现一个倒三角形地体。在横断山脉与梵净山脉之间，由于遭受特提斯、古华夏构造域的对挤和上扬子陆块的制约，形成了近 SN 向构造带和 NE、NW 向构造的复杂干扰现象。中、新生代以来，在特提斯、滨太平洋两大构造域的联合作用下，自贺兰山、龙门山至康滇地轴出现了纵贯中国大陆的经向构造带，构成一条划分中国东、西两大部分的地质、地球物理和自然地理界线。

1.1.2.2 中国的断裂系统

中国的断裂系统受板块运动的制约，具有较明显的展布规律。在前述构造域研究的基础上，将它们划分为古亚洲型断裂系统，特提斯型断裂系统，华夏—滨太平洋型断裂系统，贺兰—康滇型断裂系统（图 1—6，表 1—1）。

（1）古亚洲型断裂系统　该系统主要发育于古亚洲构造域本部，主体断裂作近东西向展布，呈波状。北部天山—兴安断裂系，包括，克拉麦里—二连、额尔齐斯—德尔布干、华北陆块北缘断裂带等；南部为昆仑—秦岭断裂系，总体作 NWW 向展布，以秦、昆结合带为主干，包括，昆仑—秦岭活动带北缘断裂带和扬子陆块北缘逆冲推覆断裂带等。古亚洲型断裂系统的伴生断裂有近南北向的张裂带，ENE—NNE，WNW—NNW“X”型剪切断裂，其中塔里木陆块东南部以规模巨大的阿尔金南断裂带为主干，组成一个 NEE 向作显著左旋走滑断裂带。

（2）特提斯型断裂系统　该系统包括①古特提斯断裂系，由澜沧江结合带、金沙江地壳拼接带和怒江地壳拼接带组成；②新特提斯断裂系，以雅鲁藏布江结合带为主干，西段略向南弯曲，东延至察隅地区急转南下，而喜马拉雅地区则为一条强烈的的逆冲带；③右江断裂系，为一束以右江、紫云—南丹断裂为主的北西向兼有左旋走滑的断裂带。

（3）华夏—滨太平洋型断裂系统　该系统卷入的古老断裂带有四堡期歙县—德兴、绍兴—萍乡—北海拼接带等。总体可分为以下两大系统。

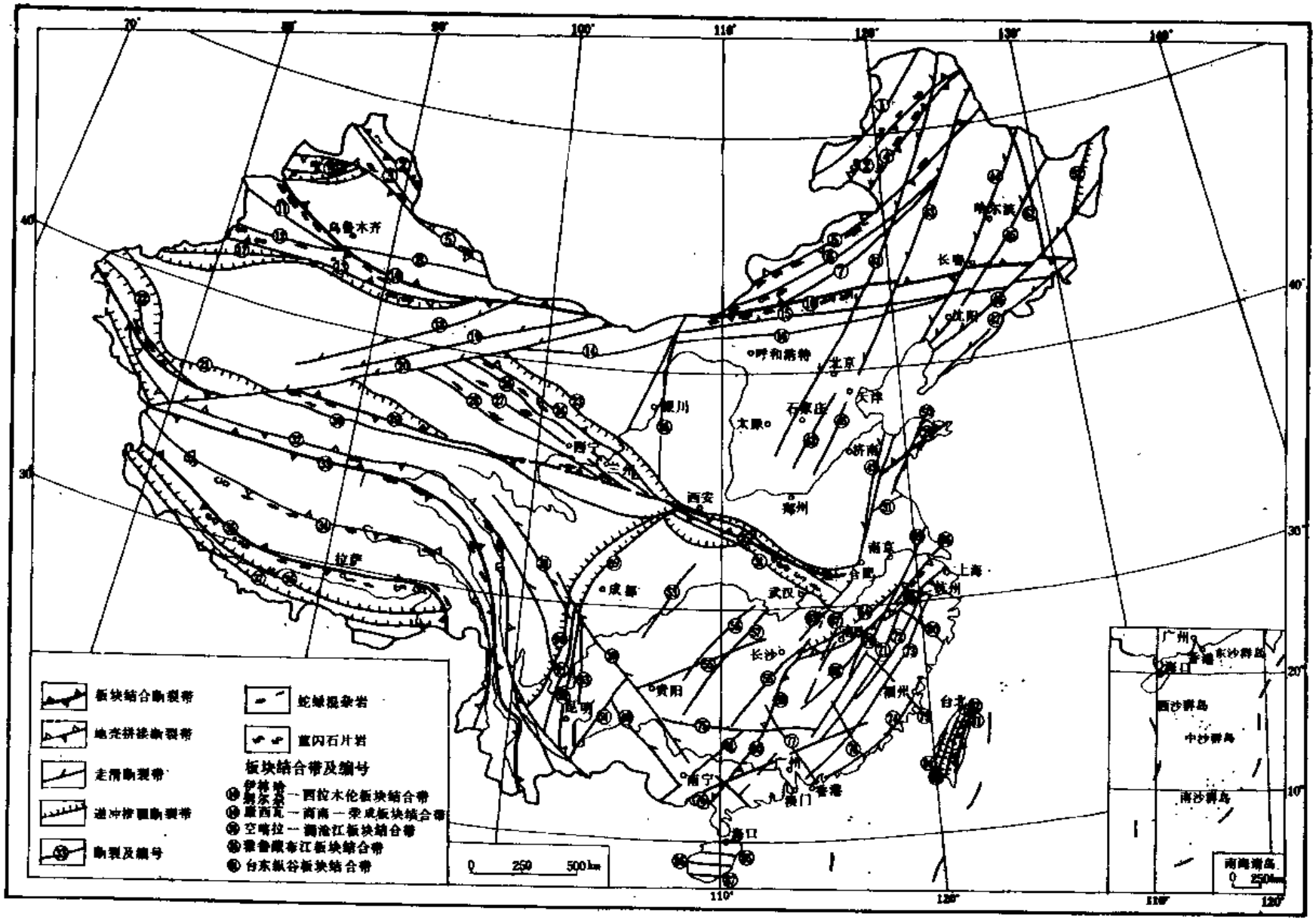


图 1－6　中国主要断裂分布略图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，－北京：地质出版社，1994，9）

①北东向断裂系统：它主要发育于中国东南部，称东南沿海断裂系，它们在接近沿海时均向 SWW 向偏转，伴有垂直海岸线的北西向横断裂和 EW－NEE，SN－NNW 向一对十分发育的剪断裂面。

②北北东向断裂系统：它主体呈 NNE 向，往往兼有显著的左旋走滑，可分为大兴安岭—武陵断裂系；郯庐断裂系；台湾断裂系。

表 1-1 中国主要断裂简表

系统	地区	断裂带名称及编号		备注
古亚洲型断裂系统	1. 准噶尔—兴安（西伯利亚板块南缘）	①	额尔古纳断裂带	
		②	额尔齐斯—德尔布干断裂带	地壳拼接带 b、op
		③	纳尔曼德断裂带	
		④	伊利克得—加格达奇断裂带	地壳拼接带 b、op
		⑤	克拉麦里—二连断裂带	地壳拼接带 b、op
		⑥	锡林浩特北缘断裂带	
		⑦	札鲁特断裂带	
		⑧	博格达断裂带	
		⑨	拉达布特断裂带	地壳拼接带 b、op
		⑩	伊林哈别尔尕—西拉木伦断裂带	板块结合带 b、op
	2. 天山—赤峰（塔里木—华北板块北缘）	⑪	尼勒克断裂带	
		⑫	哈里克套断裂带	
		⑬	库尔勒断裂带	地壳拼接带 b、op
		⑭	阿拉善北缘断裂带	
		⑮	华北陆块北缘断裂带	
		⑯	集宁—凌源断裂带	
		⑰	乌恰断裂带	
	3. 阿尔金	⑱	且末—北山断裂带	
		⑲	若羌—敦煌断裂带	
		⑳	阿尔金断裂带	
	4. 昆仑—秦岭北带（塔里木—华北板块南缘）	㉑	柯岗断裂带	
		㉒	布伦口断裂带	
		㉓	龙首山—固始断裂带	
		㉔	北祁连山北缘断裂带	地壳拼接带 b、op
		㉕	商南—商城断裂带	地壳拼接带 b、op
		㉖	北祁连山南缘断裂带	
		㉗	中祁连山南缘断裂带	地壳拼接带
		㉘	宗务隆山—青海湖南断裂带	
		㉙	康西瓦—商南—荣成断裂带	板块结合带 b、op

续表

系统	地区	断裂带名称及编号		备注
古亚洲型断裂系统	5. 昆仑—秦岭南带（扬子陆块北缘）	㉚	阿尼玛卿断裂带	
		㉛	扬子陆块北缘断裂带	
特提斯型断裂系统	1. 藏北—滇西（北特提斯）	㉜	金沙江—红河断裂带	地壳拼接带 op
		㉝	空喀拉—澜沧江断裂带	板块结合带 b、op
		㉞	班公错—怒江断裂带	地壳拼接带 op
	2. 藏南（南特提斯）	㉟	雅鲁藏布江断裂带	板块结合带 b、op
		㊱	洛札—错那断裂带	
		㊲	喜马拉雅断裂带	
	3. 右江	㊳	道孚—康定断裂带	
		㊴	南丹—紫云断裂带	
		㊵	右江断裂带	
华夏—滨太平洋型断裂系统	1. 大兴安岭—太行山	㊶	大兴安岭—太行山断裂带	
		㊷	涿州—安阳断裂带	
		㊸	嫩江—青龙河断裂带	
	2. 郯城—庐江	㊹	四平—哈尔滨断裂带	
		㊺	伊兰—舒兰断裂带	
		㊻	敦化—密山断裂带	
		㊼	鸭绿江断裂带	
		㊽	聊城—兰考断裂带	
		㊾	郯城—庐江断裂带	
		㊿	烟台—日照断裂带	
		(51)	牡丹江—鹤岗断裂带	
		(52)	大和镇断裂带	
	3. 华蓥山—武陵	(53)	华蓥山断裂带	
		(54)	衡宗—弥勒断裂带	
		(55)	怀化—贵阳断裂带	
		(56)	慈利—凯里断裂带	
		(57)	溆浦—三江断裂带	
	4. 东南沿海	(58)	长寿街—双牌断裂带	
		(59)	宜春—柳州断裂带	地壳拼接带
		(60)	藤县—北海断裂带	地壳拼接带
		(61)	南宁断裂带	
		(62)	四会—吴川断裂带	

续表

系统	地区	断裂带名称及编号		备注
华夏—滨太平洋型断裂系统	4. 东南沿海	㊾	修水—铜鼓断裂带	
		㊿	景德镇—宜丰断裂带	
		(55)	绍兴—萍乡断裂带	地壳拼接带
		(56)	歙县—德兴断裂带	地壳拼接带 op
		(57)	赣江断裂带	
		(58)	抚州—遂州断裂带	
		(59)	屯溪—鹰潭—安远断裂带	
		(60)	宜黄—宁都断裂带	
		(61)	光泽—武平断裂带	
		(62)	崇安—河源断裂带	
		(63)	丽水—莲花山断裂带	
		(64)	南澳—香港断裂带	
		(65)	宜山—全南断裂带	
		(66)	钦州—梅州断裂带	
		(67)	连山—香港断裂带	
		(68)	上杭—云霄断裂带	
		(69)	抚州—福州断裂带	
		(70)	余杭—三门湾断裂带	
	5. 台湾	(71)	台东纵谷断裂带	板块结合带 b、op
		(72)	屈尺断裂带	
		(73)	苏澳断裂带	
		(74)	台西山麓断裂带	
	6. 海南	(75)	王五—文昌断裂带	
		(76)	感城—万宁断裂带	
		(77)	九所—陵水断裂带	
贺兰—康滇型断裂系统	1. 贺兰山	(78)	鄂尔多斯西缘断裂带	
	2. 康滇	(79)	龙门山断裂带	
		(80)	普河断裂带	
		(81)	绿汁江断裂带	
		(82)	安宁河断裂带	
		(83)	小江断裂带	

注：b. 蓝闪片岩；op. 蛇绿混合杂岩。

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，—北京：地质出版社，1994，9）

（4）贺兰—康滇型断裂系统　该系统以贺兰山至康滇一带南北向断裂带为主体。其次要形迹在华南分布较广，攀西地区发育绿汁江、安宁河和小江等3条巨大的南北向断裂，形

成于元古宙。中、新生代以来受到特提斯、滨太平洋两大构造域复合作用，成为纵贯中国大陆南北的断裂系统。

1.1.3 煤层瓦斯分布的构造环境

研究瓦斯分布规律首先应认清煤层瓦斯生成、保存、赋存状态、矿井高瓦斯涌出和瓦斯突出危险性的构造环境。

(1) 瓦斯生成条件的构造环境　煤层是瓦斯形成的物质基础。华北陆块上广泛发育的石炭二叠纪煤层；四川盆地至滇东、黔西、桂北及其交界广泛发育的晚二叠世和晚三叠世煤层；从赣中至湘中、粤北一带发育的早石炭世、晚二叠世和晚三叠世煤层；鄂尔多斯、准噶尔、塔里木坳陷盆地等地发育的早中侏罗纪煤层等等，都是形成丰富的煤层瓦斯资源的物质基础。

瓦斯是煤化作用的产物，煤化程度高，单位重量的煤产生的瓦斯就多。煤化作用可分为深成煤变质和岩浆热变质煤化作用。

① 深成煤化作用的构造环境：中国古板块发展时期形成的从早石炭世至晚二叠世的煤层，形成的时间长，含煤盆地坳陷幅度大，深成煤化作用较高，煤种以中、高变质烟煤和无烟煤为主。尤其是华南地区，从泥盆纪开始至中三叠世，大部分地区以伸展沉陷为特征，一直处于海相至滨海相沉积的构造环境中。石炭纪和二叠纪煤层坳陷幅度大，深成煤化作用强，以无烟煤和高变质烟煤为主：华北地区，石炭二叠纪煤层形成后，晚二叠世末海水就全部退出，大多数煤田缺失晚三叠世沉积，部分煤田缺失早中三叠世沉积，深成煤化作用不如华南地区，煤种以中变质烟煤和中、偏高变质烟煤为主；部分煤田无烟煤的形成也是深成变质基础上的岩浆热变质后叠加作用形成的。

现代板块发展时期形成的侏罗纪至第三纪煤层，深成煤化作用程度较低，多数为低变质烟煤和褐煤。如东北—内蒙古东部地区的晚侏罗早白垩世煤层和西北地区早中侏罗世煤层，为大范围的低变质烟煤。

② 岩浆热变质煤化作用的构造环境：主要发生在印支运动后中国现代板块活动期间含煤盆地岩浆侵入的构造环境，主要指中国东部的滨太平洋构造域和西部的新特提斯构造域。

滨太平洋构造域，晚侏罗—早白垩世期间，古太平洋板块向西俯冲，从大兴安岭到华南地区，形成了规模宏伟的安第斯型陆缘火成岩带。晚白垩世后，滨太平洋陆缘沟弧盆系开始形成，挤压作用逐步被拉张作用取代，并由主弧期向弧后期转化，在强烈拉张的断陷带，分布了大范围的玄武岩。

在华北地区可分为：燕、辽火山活动带和侵入岩带；太行山侵入岩带；吉、辽、鲁东火山岩和侵入岩带；鲁、淮侵入岩带；豫、陕侵入岩带。岩浆热变质作用，使燕、辽地区的京西早中侏罗世煤层成为超无烟煤；太行山沿线的焦作、安阳等矿区为无烟煤；鲁、淮侵入岩带的永夏煤田为无烟煤。

东北—内蒙古地区，形成了一系列以 NNE 向为主的断裂系，并导致了断陷和裂陷盆地发生和发展，在大、小兴安岭，张广才岭，敦化—密山断裂带出现了中酸性火山喷发和花岗岩体。新生代，这些断裂又重新活动，沿断裂带拉斑玄武岩大规模喷发。岩浆热变质作用，使东北地区松辽盆地以东的晚侏罗早白垩世煤层热变质作用为中、高变质烟煤，如鸡西、双鸭山煤田为瘦、焦、肥、气煤，抚顺煤田为气煤和长焰煤。

在华南地区，燕山运动早、中期，首先在湘中至武夷山之间形成了 NNE、NE 向的诸

广一云开构造隆起和板内挤压陆壳重熔型花岗岩带，即著名的南岭花岗岩带。晚侏罗世至早白垩世，造山带活动中心向沿海方向迁移，形成了武夷一戴云构造隆起一花岗岩带和浙闽粤沿海火山弧。岩浆热变质作用使得闽西南、永安、上京、天湖山等矿区，粤东四望嶂、梅县矿区和赣中安福、莲花等矿区的晚二叠世和晚三叠世煤层变质为超无烟煤；赣南、湘南至粤北一带的晚二叠世至晚三叠世煤层变质为无烟煤。

中国西部新特提斯构造域，分布于三江褶皱系的构造一火成岩带，岩浆热变质作用使滇西双河矿区的晚第三纪煤层热变质为无烟煤；分布于雅鲁藏布江板块结合带的白垩世秋乌组煤层热变质为中高变质烟煤、无烟煤，个别地带石墨化。

(2) 煤层瓦斯保存条件的构造环境　煤的热模拟生气试验表明：煤化过程中，不同煤级的煤累计生成的烃类气体总量，随煤化程度增高而增加：气煤 22.52m^3/t，肥煤 61.95m^3/t，贫煤 188.77m^3/t，无烟煤 315.56m^3/t。如果都能保存下来，这个数量是非常可观的。实际上保存在煤层中的瓦斯仅是其中的少部分，大部分逸散掉了。瓦斯作为气体，保存条件更显得重要。瓦斯的保存条件比较复杂，但起主导作用的是地质构造条件。而煤层受构造作用，沉积间断，风化剥蚀，上覆岩层沉积的厚度及岩性等，都与所在大地构造单元的稳定性有关。煤层褶皱变形、挤压、剪切、拉张破坏与含煤盆地在地质构造运动中的地球动力学有关，总的归结为构造环境。

① 含煤地层风化剥蚀作用的构造环境：华北陆块（地台），石炭二叠纪煤层形成之后，与此同时，在北部边缘晚二叠世完成了与西伯利亚板块碰撞拼接；南部边缘二叠纪末完成了与扬子陆块对接。自此海水退出，基底差异升降运动开始。印支运动，胶辽隆起，鲁西隆起，山西隆起，鄂尔多斯挠曲坳陷活动开始。整个华北陆块，除鄂尔多斯坳陷盆地之外，均缺失晚三叠世沉积；相比之下，鲁西断隆比山西隆起隆起的要早，缺失早中三叠世沉积，石炭二叠纪煤层较长时间接受风化剥蚀作用，瓦斯保存条件差，整个山东至苏北煤田大范围的低瓦斯矿井，瓦斯风化带垂深普遍在 500～600m 以上。

华南板块，石炭二叠纪煤层形成之后，构造为稳定发展阶段，至中三叠世，大多数煤田一直保持着以浅海相为主的连续沉积，有的煤田连续沉积了上三叠统含煤地层。尤其是川、黔、桂一带，受特提斯洋活动影响，华力西期裂陷活动较强，坳陷幅度大。如川南—黔西—滇东一带，龙潭组煤层上覆盖层厚度数千米至 5000m 以上，煤化程度较高，瓦斯保存条件好，煤层瓦斯含量一般都在 10～30m^3/t 以上；矿井瓦斯相对涌出量一般都在 10～50m^3/t 以上；90%以上的矿井为高瓦斯矿井。

② 含煤盆地褶皱变形、断裂破坏的构造环境：含煤盆地在构造运动过程中变形破坏的力学性质与煤层瓦斯保存密切相关，压性、压扭性破坏比张性、张扭性破坏保存条件要好。另外，还与所在大地构造单元的地球动力学特征有关。

华北陆块，华力西期，主要是经受西伯利亚板块自北而南、扬子陆块自南而北双向挤压作用；印支期，南、北方向的经向挤压继续进行，同时，库拉—太平洋板块由南东向北西方向俯冲推挤，华北陆块刚性基底固结早，范围大，构造基本上处于稳定状态。整个华北石炭二叠纪煤田内部变形不大，主要表现在华北陆块北缘断裂带、南缘断裂带附近造山活动比较强烈；郯庐断裂和鄂尔多斯西缘断裂左行扭动，但不强烈，参见图 1—7。燕山运动阶段，华北陆块处于太平洋古板块俯冲以后裂解状态，活动剧烈。燕山运动早、中期，表现为强烈的挤压和左行扭动，断块升降及与其配套的板内造山运动，华北陆块由西至东出

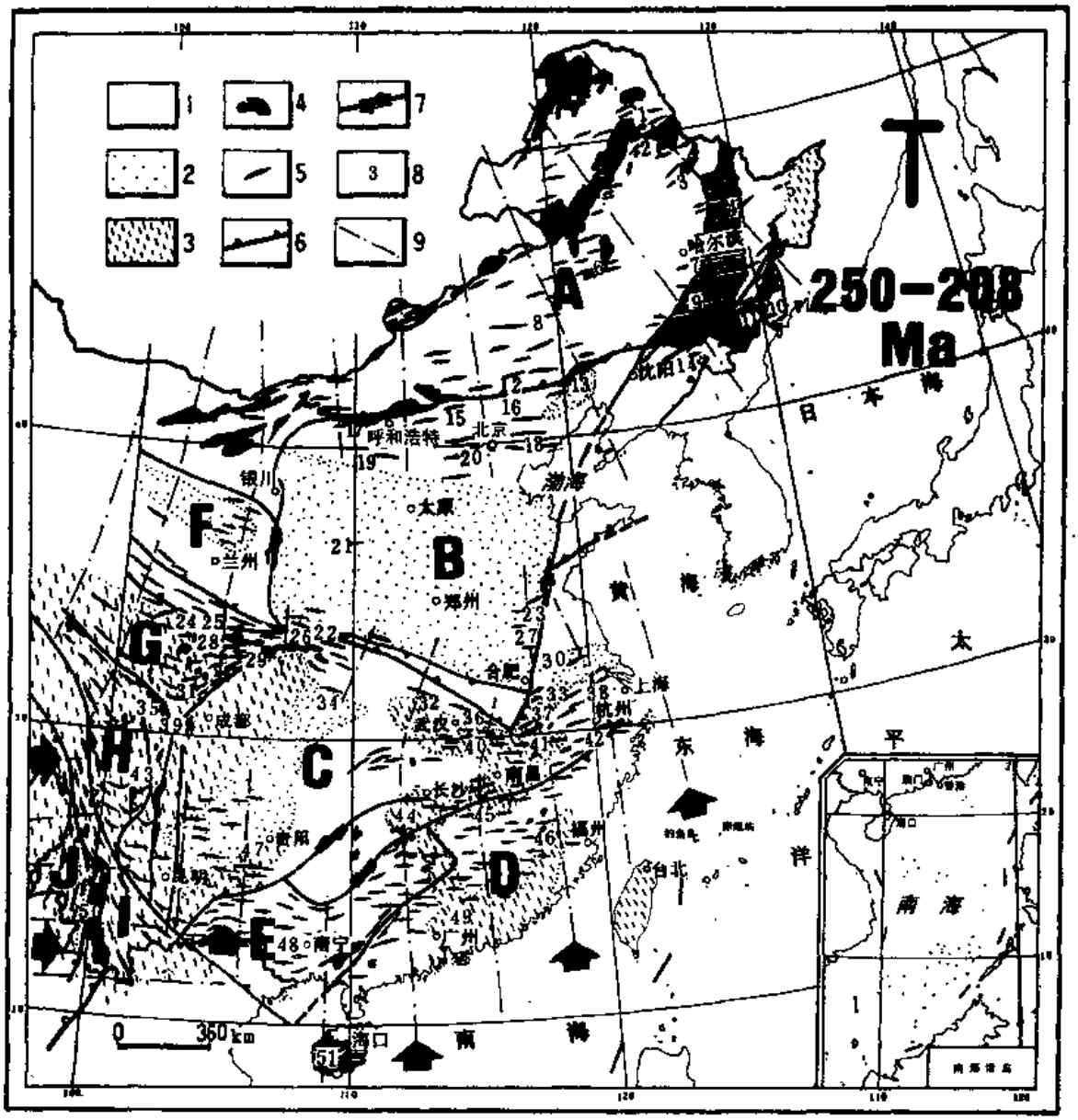


图 1—7　印支期地质构造图

（引自中国东部中、新生代板内变形构造应力场极其应用/万天丰著，—北京：地质出版社，1993. 9）

1—前三叠系；2－上三叠统陆相河湖沉积；3—上三叠统海相沉积；4—印支期中酸性侵入岩体；5—印支期褶皱（本图仅示背斜）；6—逆断层或逆掩断层；7—平移断层；8—板内变形统计区编号；9—最大主压应力迹线，箭头示挤压方向；A—兴蒙褶皱带；B—中朝地块；C—扬子地块；D—南华地块；E—湘桂地块；F—阿拉善地块；G—阿坝地块；H—德格—中甸地块；I—思茅—昌都地块；J—保山—羌塘地块（对于中国境外地区的资料，本书暂未阐述，也未恢复其古构造特征）

现了以 NNE 向为主的贺兰山、太行山和胶辽隆起带，与其相间的有鄂尔多斯大型坳陷、下辽河—华北断陷。燕山运动晚期至喜马拉雅运动早期，滨太平洋沟弧盆系开始形成，挤压作用逐步被拉张所取代，形成了著名的下辽河—渤海—华北裂陷盆地和汾渭地堑。整个华北陆块瓦斯分布受构造控制有如下规律：位于华北陆块北缘断裂带，是以挤压作用为主的燕、辽高瓦斯区，西从包头，经下花园、北票、承德，东到辽宁红阳、通化等，均为高瓦

斯和煤与瓦斯突出矿区；位于鄂尔多斯西缘断裂带的桌子山、贺兰山为高瓦斯带，汝箕沟、石嘴山、石炭井、灵武都是高瓦斯矿区，其中的石嘴山、石炭井为高瓦斯突出矿区；在太行山隆起带上分布的太行山东麓高瓦斯带和阳泉－晋城高瓦斯带，其中的焦作、鹤壁、安阳、阳泉均为高瓦斯突出矿区；受华北陆块南缘断裂带影响的平顶山矿区和淮南矿区均为高瓦斯突出矿区，平顶山矿区表现为NWW－SEE向展布的褶皱和断裂构造，淮南矿区表现为近东西向的褶皱和断裂构造，与华北陆块南缘断裂带展布是一致的。沿下辽河和华北裂陷盆地分布的开滦、蓟玉、蔚县、邢台、邯郸均为低瓦斯矿区，如邢台矿区，主要表现为张性断裂组合而成的地堑构造。位于汾渭地堑附近的汾西、霍县等均为低瓦斯矿区。参见图1－8。

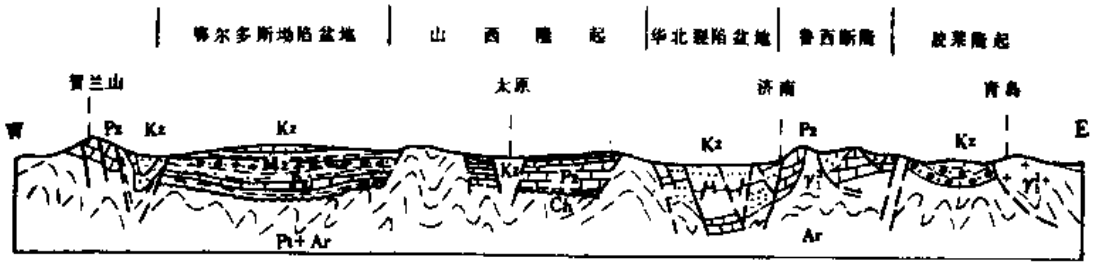


图1－8 喜马拉雅运动阶段华北陆块构造示意剖面图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，－北京：地质出版社，1994. 9）

华南板块，除了滇、桂第三纪褐煤低瓦斯带，晚二叠世合山组煤层浅海碳酸盐岩相低瓦斯带和闽西南、粤东超无烟煤低瓦斯带以外，其余的诸省大范围的含煤盆地为高瓦斯矿区分布，煤层瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量都居于全国之首。华南板块上的含煤盆地所经历的地球动力学特征比起华北煤田要复杂一些，构造挤压作用更加强烈，时间更加长一些。组成华南板块的扬子、华夏、印支等古克拉通的规模小，基底固结程度低，活动性较大；更为重要的是华南板块所处的构造位置，使得印支、燕山运动比华北陆块挤压作用更加强烈。

华南板块是中国四大构造域复合、联合作用最集中的位置，长期以来，上扬子古陆作为古亚洲、特提斯、古华夏三大构造域的聚合点，被压缩成为一个菱形块状的前陆盆地；位于横断山脉与梵净山脉之间的滇东、黔西、川南一带，两侧分别遭受特提斯构造域和古华夏构造域的对挤作用，南面受印支陆块北推，北面受上扬子陆块的制约，形成了近南北向、近东西向构造带和北东、北西向构造复杂的干扰现象，如六盘水高瓦斯带，参见图1－7和图1－10。印支运动是华南板块重要的造山运动，四周受到塔里木－华北、藏滇板块和印支陆块的压缩，东南侧古太平洋洋壳向大陆俯冲，形成一系列大型复式褶皱带，逆冲推覆带和广泛的多层次滑脱。如武陵－雪峰前陆逆冲褶皱带，指向四川前陆盆地；龙门山－菁河一带受到侧压，自北西向南东逆冲推覆指向四川前陆盆地；湘桂、乐平－萍乡、浙西等一系列大型褶皱，它们多数呈s型、反s型伸展，伴有断面向南东倾斜的叠瓦式冲断层和多层次滑脱等等。参见图1－10。燕山运动阶段，华南大陆既受到北侧华北陆块的挤压，而更重要的动力是来自特提斯板块和库拉—太平洋板块的俯冲转换作用，华南板块为板内挤压、碎裂和地壳深部重熔时期，以NNE向至NE向构造—火成岩带为主体，并有东西向的南岭构造隆起—花岗岩山链穿插于其间，并形成了广阔的沿海火山弧。燕山运动早、中期，构造

活动以挤压作用为主；燕山运动末期和喜马拉雅运动早期（晚白垩世至第三纪），随着印度板块向北俯冲，华南西部进一步受到推挤，川中盆地盖层褶皱和龙门山一带推覆构造又进一步发展；华南大陆东部地表处于造山后松弛阶段，受西侧推挤，北侧南冲压力，陆缘向东南大洋方向离散。

中国西部，在新疆大范围分布的早中侏罗世含煤盆地中，燕山期和喜马拉雅期持续遭受印度板块向北俯冲挤压，藏滇板块和西伯利亚板块的对挤，如塔里木盆地（图 1—9）和准噶尔盆地，四周褶皱成山，向盆地逆掩推覆，对瓦斯保存较为有利。

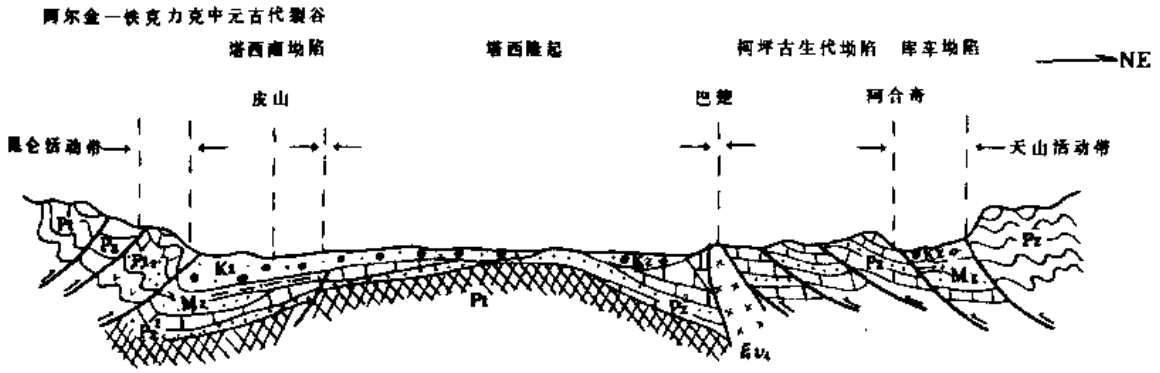


图 1—9　塔里木区阿合奇—巴楚—皮山构造剖面示意图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，—北京：地质出版社，1994. 9）

瓦斯保存条件的另一个影响因素是煤层围岩岩性。我国抚顺矿区第三纪长焰煤、气煤，为高瓦斯突出矿区；茂名矿区第三纪褐煤亦为高瓦斯矿区。究其因主要是煤层顶、底板为厚层的油母页岩，封闭性能特好。东北蛟河—辽源，营城—长春高瓦斯带为晚侏罗早白垩世气煤、长焰煤，围岩为厚层的火山灰、火山碎屑岩，透气性能差，封闭性能好。

（3）矿井高瓦斯涌出和煤与瓦斯突出的构造环境　矿井高瓦斯涌出和煤与瓦斯突出是煤炭安全生产中威胁最为严重的灾害。煤层瓦斯赋存高是矿井高瓦斯涌出和煤与瓦斯突出的物质基础。煤层瓦斯赋存的高低，决定于煤层瓦斯的生成条件和保存条件，其大地构造环境也是高瓦斯矿井分布的构造环境，前已述及。煤与瓦斯突出就更加复杂些。1988 年底，全国共有 274 对煤与瓦斯突出矿井，其中 267 对属高瓦斯矿井，7 对属于低瓦斯矿井。高瓦斯突出矿井中，瓦斯含量和涌出量也差别较大，有许多高瓦斯矿井井不是突出矿井。全国 274 对突出矿井，华南陆块上有 181 对，占总数的 66. 3%，全国突出总次数 11460 余次，华南地区 6909 次，占全国煤与瓦斯突出总次数的 60%；全国有 30 对特大型突出矿井（突出强度超过 1000t/次以上的矿井）华南地区 25 对，占 83%；发生在华蓥山断裂带上的天府矿区，最大的突出强度 12780t/次，参见图 5—2。华南地区也是中国煤层瓦斯含量、矿井瓦斯涌出量最高的地区，有 23 个矿区平均矿井瓦斯涌出量超过 $20m^3/t$；煤层瓦斯含量也在 $10\sim20m^3/t$ 以上，其中六枝，松藻、南桐，桐梓、梅田，永荣等矿区平均矿井瓦斯涌出量大于 $40m^3/t$。华南地区成煤条件远不如华北地区，但煤层高瓦斯含量、高瓦斯涌出量和煤与瓦斯突出灾害的严重性都超过华北地区，这与其所处的大地构造背景密切相关。华南地区是我国四大构造域复合，联合作用最为集中的地区，直到渐新世，还继续受到印度板块

北推的侧向挤压作用，并在西部川、黔、滇一带形成最后一期褶皱和逆掩推覆构造带，如哀牢山－龙门山推覆带及韧性剪切带等。华南板块含煤盆地形成后，四周都受到周围板块（陆块）挤压作用。如川南、滇东、黔西一带，西面是藏滇板块的侧向挤压，东面是古华夏构造域（古太平洋板块俯冲）与之对挤，南面是印支陆块挤压，北面受到扬子古陆的制约。在这一带为近 EW 向、SN 向、NW 向、NE 向、NNE 向的构造，既有复合、联合，又有干扰，呈现一种复杂的构造动力现象。参见图 1－10。这一带的芙蓉、南桐、松藻、桐梓、贵阳、六枝、水城、盘江、恩洪等矿区，全为高瓦斯突出矿区，有 30 余对突出矿井，突出 1600 余次。凡是发生过突出的矿井，煤层受构造应力作用，原生结构、构造受到强烈破坏而具有碎裂、揉皱等构造变形特征，这种失去原生结构但具有一定厚度的软煤分层，人们称之构造煤。不同突出矿井、不同突出地点，这种软煤厚度不完全一样，差别也较大。但是对于一个突出矿区、突出矿井而言，瓦斯突出发生往往都是构造煤比较发育、厚度变化明显的地方。构造煤疏松，多孔，强度比原生结构煤要小得多，用手轻捏就碎成粉末，在电镜下观察多是极细小的鳞片。构造煤是强烈挤压、剪切变形的产物，并且主要表现为韧、塑性变形。构造煤发育的地带也是应力集中的地带，压力大，微孔多，构造煤微粒间充填的大量高压瓦斯，使得颗粒似气垫船，易于发生塑性流动，特别是当煤层处在应力集中位置的采、掘临空面时，应力的突然解除使巨大的弹性势能和瓦斯内能转化为巨大的机械能，使煤体破坏，发生煤与瓦斯突出危险。

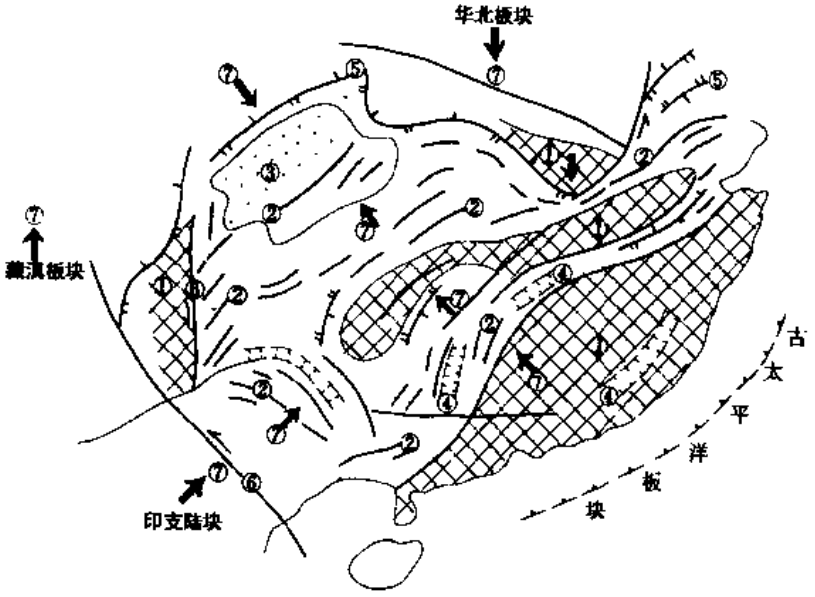


图 1－10　印支期构造动力示意图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，一北京：地质出版社，1994. 9）

①—陆块；②—褶皱带；③—盆地；④—裂陷带；⑤—逆冲推覆带；⑥—断裂带；⑦—板块或块体相对运动方向

1.2　含煤地层中的有机质特征

沉积物中的有机质可为分散和富集两种形式存在（图 1－11）。前者包括可溶有机质（EOM）和不可溶有机质即干酪根，后者则包括了煤、石油、沥青等可燃有机矿产。其中于

酪根是地壳中沉积有机质最主要的存在形式，是岩石中分布最普遍、数量最多的一类有机质；在古代沉积中占分散有机质的80%～90%，在现代沉积中约占95%。

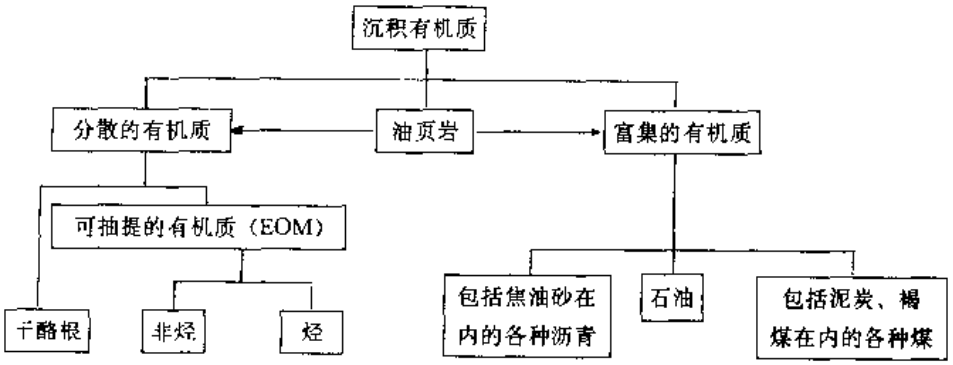


图1—11 沉积有机质的分类

（据Brooks，1980）

对现代泥炭沼泽的研究得知，泥炭形成层，由于空气通畅、温度高，适合大量喜氧性细菌、放线菌、真菌等微生物的繁殖，因而有大量有机质存在。植物有机组成部分的水解、氧化分解作用大部分就在此进行。从泥炭形成层向下，随深度的增加，喜氧细菌、放线菌、真菌减少，而厌氧细菌消耗有机质中的氧并逐渐代替了喜氧细菌，由浅层到深层，由富氧的氧化环境逐渐过渡到缺氧的还原环境。由此可见，植物经过氧化分解形成简单有机质化合物和腐植酸等，主要是在泥炭形成层进行，这种缓慢的氧化作用，一般得到的是贫氢的产物。在泥炭层深部，有机质在缺氧条件和有矿物离子参与下进行复杂转化、合成，形成腐植酸和新的化合物，这种缓慢进展的还原作用所得到的是富氢的产物。在泥炭的中间层是氧化－还原过渡环境，所进行的作用及所得到的产物具有不同程度的中间性质。在泥炭化作用阶段的各种变化作用是不能截然分开的，它们相互影响、相互制约、并相互递变，是一个复杂的生物化学变化过程。在煤化作用阶段，低位沼泽与高位沼泽中的腐植酸与盐类发生化学合成作用，形成腐植酸盐和沥青物质。

腐植酸：能溶于稀苛性碱和焦磷酸钠溶液的一组多种缩合的含酸性基的高分子化合物。一般常被认为是形成软褐煤的腐植组和烟煤中镜质组显微组分，或丝质组显微组分的前身物质。

沥青质是一种含O、N、S的复杂有机化合物，能溶解于一般的有机溶剂；它是由树脂、类脂化合物、蜡质或孢粉质转化而来的，一般认为，烟煤的粘结性与沥青质含量有关。

一般来说，在沉积以后，高等植物的木质素、纤维素等有机物质在泥炭化阶段经过腐植化作用和合成化作用形成泥炭，进而形成腐植煤。低等植物的纤维素、蛋白质等在腐泥化阶段经腐泥化作用形成腐泥，进而形成腐泥煤。总之，成煤过程的必要条件就是要有极大丰富的有机物质的集中和堆积。

泥炭转变成褐煤、到烟煤、到无烟煤的过程称为煤化作用，泥炭经过压实、脱水、胶结等物理变化和失氧、失腐植酸、增碳等化学变化，以及显微组分的形成，转变为褐煤。这是煤化作用过程的第一阶段，称为煤成岩作用阶段。从褐煤经烟煤到无烟煤的转变是煤化作用的第二阶段，称为煤变质作用阶段。前者是在地壳不断下降或泥炭之上沉积覆盖物不

断加厚情况下进行的；后者是成煤的有机质随温度、时间作用而发生热转变的过程。煤成岩作用与煤变质作用实际上是一个连续演化的作用过程，两者是不能截然分开的。煤层瓦斯也就是在煤化作用过程中产生的。

中国含煤地层不仅分布广而且含煤层段多，煤层厚度也较大，各煤层中有机质的丰度也较高，有机碳的含量通常都在65%～80%（表1－2）。

表1－2　中国若干地区煤的有机质丰度、有机碳、氯仿沥青A含量与烃转化率

地　区	层　位	煤　层	$C_{有机}$ (%)	A (%)	$A/C_{有机}$ (mg/g)	烃/$C_{有机}$ (mg/g)
华北地区东部	石炭二叠系	主要可采煤层	24～16～99.02 66.3	0.0055～3.7846 1.26	19.00	4.54
鄂尔多斯盆地	石炭二叠系	主要可采煤层	27.38～79.75 64.11	0.8267～1.2847 1.1037	17.20	5.08
兖　州	山西组	主要可采煤层	60.03	3.391	56.00	8.39
湖　南	龙潭组	主要可采煤层	69.76	0.4338	6.20	1.2
天　府			K_2煤层	54.71～85.34 75.38	4.42～8.761 4.138	
芙　蓉		K_{3-4}煤层	28.34～62.07 51.03	0.86～4.324 3.827		
阳　泉	石炭二叠系	3　号煤　层	52.37～89.13 81.04	3.08～4.96 4.75		
		15　号煤　层	56.32～92.21 85.91	3.07～5.23 4.675		
焦　坪	下中侏罗　统	42　号煤　层	38.32～68.13 58.32	1.305～5.213 2.167		
抚　顺	下第三系	主煤层	32.01～75.57 67.61	1.014～6.630 2.834		

1.3　煤的有机显微组分和地球化学特征

镜质组是煤中极为主要的有机显微组分。镜质组可分为富氢镜质体和贫氢镜质体。

在煤化过程中，各种有机显微组分都具有一定的生烃能力，不同的组分其物质组成和化学结构不同，热解生烃的能力和成烃规律也不同。热模拟试验表明，在600℃时壳质组、镜质组和惰质组烃类气体生成量之比约为2.2∶1∶0.8。壳质组的生烃能力虽强，但它在腐植煤中的含量比较低，一般只有百分之几；树脂体、沥青体、藻类体的生烃能力最强，含量通常都在1%以下；镜质组的生烃能力虽然低于壳质组，但它是腐植煤中有机质的主要组

成成分，是腐植煤中形成煤层瓦斯更为重要的母质。

自石炭纪以来中国各聚煤期形成的煤主要为腐植煤，腐泥煤很少单独成层常呈很薄的夹层或透镜体。煤的有机显微组分以生烃能力较强的镜质组为主，例如，华南地区的早石炭世煤的镜质组含量一般为80%～90%。华北地区的石炭二叠纪煤的镜质组含量为68%～80%。华南地区的晚二叠世煤的镜质组含量在70%以上，在苏浙皖交界的太湖一带和江西的乐平、丰城，湖南的乡宁、隆回，贵州的水城、盘县以及云南的宣威，西川的南桐，含有较多的小孢子、角质层、树脂体、大孢子和大量分解程度不等的树皮组织。晚三叠世煤的镜质组含量，在鄂西、江西、湖南、广东为70%～90%；在四川盆地为70%～95%。早中侏罗世煤的镜质组含量，在部分矿区比较低，为20%～56%，如山东的坊子，河南的义马，内蒙古的石拐台，鄂尔多斯盆地的彬县、黄陵、焦坪和哈密的三道岭。其余大部分煤田或矿区多在70%以上。晚侏罗世一早白垩世煤的镜质组含量为80%～95%。第三纪煤的镜质组含量，在东北地区为80%～90%；在广东、广西、云南为60%～90%。

富含烃类气体和可溶有机质的煤层称为富烃煤层。反之，为贫烃煤层。当富烃煤层中重烃成分超过3%时，该煤层常发生煤与瓦斯突出（表1　3），因此对富烃煤层的生烃能力须深入加以分析研究。

1.3.1　富烃煤层煤的有机显微组分

（1）镜质组　主要由植物的木质一纤维组织经凝胶化作用转化而成的显微组分组。其结构碳骨架，主要是带有羟基和羧基官能团的芳香核组成的芳香结构，含有较高的芳香族成分、较高的氧含量和较低的氢含量，反射率介于稳定组和惰质组之间。

富烃煤层的显微组分镜质组包括富烃（氢）镜质体、非均一基质镜质体和碎裂镜质体。

富烃（氢）镜质体可能是在碱性介质和强还原环境下，由高等植物木质纤维素母质经受强烈生物降解和地球化学沥青化作用转变而成的。在反射光下呈暗灰色，反射率比一般镜质体低，具荧光生。这种发光的镜质体是煤化阶段中高等植物的类脂物质发生强烈的生物化学降解形成的，其化学结构主要由具短脂肪链与含氧官能团联结的芳香结构所组成。E. Stach（1982）指出可抽提的芳香烃和杂原子化合物对镜质组的荧光性的存在起了很重要的作用。大多数学者认为镜质组具有的荧光是次生荧光。吴俊（1994）认为镜质组是一种多孔团体，它在热降解过程中会产生一些流动相的荧光物质成分，并能吸附一些由类脂组组分产生的流动相荧光物质成分，两者的复合，必定导致其荧光强的特征。

非均一基质镜质体与ICCP描述的均一镜质体不同，常呈团块状、棉絮状且表面不均一。反射率较低，常胶结有类脂组组分碎片和热解烃残留显微组分的特征。在扫描电镜下具有多孔性和微粒状特征。因此表现具有较强的吸附烃类物质的能力和良好的热力传输的多孔通道，故而使有机质能得到充分的热降解，导致煤层含烃较高。

碎裂镜质体，这是富烃煤层常见的标志组分，是具有多个十几至几十微米的棱形块体为特征的镜质体，块体间的窄隙缝充填着沥青和渗出体而成网格状，这种现象被人们认为是煤中有机质曾发生强烈的产烃和排烃现象，而后煤体又受到剪应力和挤压的作用。

（2）惰质组　曾称“丝质组”。由植物遗体主要经丝炭化作用转化而成的显微组分组。其特征是具有较高的碳含量和很低的氢含量，并有很高的芳香结构变化程度，在同煤级中它的反射率高于镜质组和稳定组。有些惰质组分来源于色素、有的来源于真菌的遗体，因此其成因比较复杂。

表 1-3 中国若干地区煤层的一般特征

地区	煤层	富烃程度	R_0 (%)	T (℃)	S_1 (mg/g)	S_2 (mg/g)	V_{daf} (%)	瓦斯涌出量	煤与瓦斯突出情况	煤层特征与煤岩组成
北票冠山二井	4-5	高～极高	0.75	449	7～10	180～196	37～40	高～极高	煤与瓦斯突出强烈	煤层破碎有滑感，多为粉末状和片状
开滦赵各庄	12	高	0.85～1.05	471	5～9.30	170～180	34.27	高	偶有瓦斯突出	块状，偶有软分层，主要由亮煤和半亮煤组成
焦作九里山	2	富 CH_4	2.84	593	0.07	3.07	7.29	高～极高	强突出煤层，频率高	糜棱煤、碎裂煤
淮南谢家集	B_{10}	不显示	0.82	444	3.08	190.15	34.19	低～无	无瓦斯突出	块状，坚硬，以镜煤为主
东风卡	C_2	高～极高	0.70～0.75	440～442	15～30	250～300	50～56	较大～大	煤层中偶有软分层，有煤与瓦斯突出	块状，质地坚硬，主要由暗煤组成，镜下木栓质体含量极高 50%～90%
南桐砚石台	4	极高	1.00～1.10	453～456	19～25	210～230	35～37	较大～大	突出强度和频率不高，突出和爆炸倾向性大	煤层保存较好，含有较多的木栓质体
南桐鱼田堡—东林	4	高	1.55～1.70	485～488	2～4	60～70	18～20	大～极大	突出强度大，频率高	煤层严重破碎，具Ⅳ－Ⅴ类型突出煤特征
松藻打通	8	高	2.35～2.50	562	0～0.08	12	10～11	较大～大	常发生突出	块状～破碎状，有软分层出现
水城大河边	406	低～一般	0.70～0.75	443	5.36	150～160		低～极低	未发生突出	坚硬，块状，以暗煤为主、较多的孢子体和藻类体
水城木冲沟	11	高	1.25～1.27	470	3.90～5.10	140～150	21～24	高～极高	常发生突出，具有瓦斯爆炸的危险性	性脆，具有较多的裂隙，镜下可见较多的稳定组分

注：S_1—液态烃；S_2—热解烃。

富烃煤层惰质组的化学组分主要以碳原子为主，化学反应性差，其油、气产生也比同煤级的壳质组、镜质组低，从低煤阶惰质组的加氢反应过程中起的反应（Mitchell 等，1976）表明，它存在着能生成烃的化学基因。煤中有机质具晚期成气特征，惰质组中的丝质体或粗粒体也能吸附一些成烃的烃类物质，这种丝质体的反射率较正常丝质体反射率略低。在中、高变质阶段煤的丝质体中，其细胞壁上有较强的各向异性镶边。

(3) 壳质组　又称“稳定组”。主要由高等植物的繁殖器官、树皮、分泌物及藻类等形成的反射率最低的硬煤显微组分组。一般认为壳质组存在较多的氢化芳香结构，芳香性不如镜质组。壳质组以富含脂肪族成分（如链烷烃等）和高的含氢量为特征，在同煤级中它的反射率最低。

富烃煤层的壳质组，是富氢的较长链脂肪族化合物，因类脂组分含量高而成为煤层中烃的主要来源物质，在煤化过程中这些物质极易转化成烃，由于煤中的富烃有机质能产生气体和液态烃，因而使烃类产物产生气驱动油的运移效应。此外，在藻类物质中，含有少量的芳香环和含氧官能团的最富氢的长链脂肪族化合物，也具有较高的生烃能力。在北方二叠系山西组、石盒子组煤中富含有木栓质体、小孢子体、萜烯体、角质体等与油气生成有关的稳定组分；在北方侏罗纪煤层中也见较多角质体、藻类体等组分。

1.3.2 煤层烃类气体的地球化学特征

(1) 氯仿沥青 A 的地球化学特征　氯仿沥青 A 又称为可溶有机质，是指从煤或有机岩中抽提出来的氯仿或二氯甲烷加甲醇组成的二元抽提溶剂。这种可溶有机质是一种具较还原性的沥青，它们是一种由饱和烷烃、芳烃、非烃（胶质）、沥青质组成的混合物，呈游离状态存在于煤中微孔隙和裂隙中。煤及有机岩中的氯仿沥青 A 和总烃的含量，是煤层富烃的直接反映，它们均受控于有机质类型及热演化程度，一般随热演化程度的增加而减小，与煤的变质程度有关(图 1－12)。在南方龙潭煤系中具有突出倾向的煤层常具较高的含烃性，其可溶有机质的含量与未突出煤层有着明显的差异（表 1－4）。

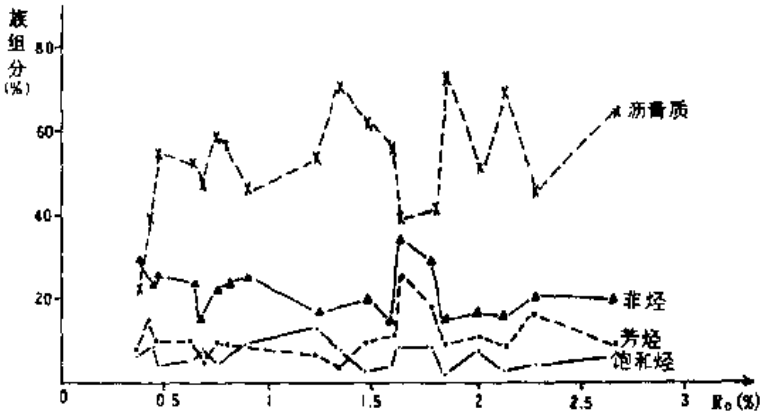


图 1－12　煤的氯仿沥青 A 族组分与煤化程度的关系

表 1－4　中国南方若干地区煤中氯仿沥青 A 族组分含量

地　区	煤　层	R_o (%)	C (%)	T (℃)	沥青 A		族组分 (%)			
					(mg/g)	(mg/gC)	饱和烷烃	芳烃	胶质	沥青质
徐　州	2	0.76	82.53	434	16.50	19.99	2.80	19.50	30.70	47.00
张小楼	7	0.75	81.20	434	26.10	32.14	2.50	18.50	24.50	54.20
淮　南	10	0.32		444	0.89		11.70	49.30	39.00	
西部矿区	3	0.82		443	2.46		2.80	33.90	58.30	
江西乐平鸣山矿	B_3	0.68	80.50	437	107.48	134.10	2.72	27.48	69.80	
浙江长广东风卡矿	C_2	0.71	74.20	446	49.08	66.14	1.92	45.30	43.59	
贵州水城大河边矿	409	0.72	76.70	440	44.62	58.17	4.25	33.99	58.07	
	407	0.74	74.30	442	60.85	81.90	15.40	34.09	50.72	

续表

地　区	煤　层	R_o (%)	C (%)	T (℃)	沥青A		族组分（%）			
					(mg/g)	(mg/gC)	饱和烷烃	芳烃	胶质	沥青质
四川南桐砚石台矿	4	1.08	82.38	453	12.13	14.73	11.94	52.52	27.55	
贵州水城汪家寨矿	409	1.18	85.00	463	5.64	6.64	11.27	52.96	35.49	
贵州水城木冲沟矿	11	1.25	90.40	470	7.56	8.36	19.78	63.96	15.45	

（2）正构烷烃的地球化学特征　正构烷烃分子通式为 C_nH_{2n+2}。其化学性质稳定，一般在煤和富含陆源物质的碎屑岩中，有机质以高分子量（$>nC_{25}$）的正烷烃为主，以 C_{27}、C_{29}、C_{31} 为主峰碳。在北方石炭二叠纪煤层中主峰碳在 C_{23} 左右，煤中碳数分布在 12～36 之间，南方龙潭煤系主峰碳常小于 C_{19}，碳数分布在 13～30 之间（吴俊，1994）。

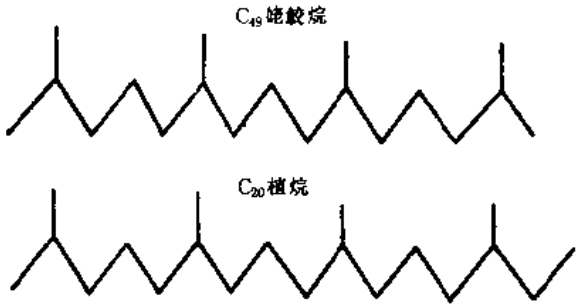


图 1－13　煤中最常见的姥鲛烷 Pr 和植烷 Ph 分子式

（3）类异戊二烯烷烃的地球化学特征　类异戊二烯烷烃和芳烃都是煤与有机岩中大量存在着的烃类化合物。类异戊二烯烷烃在结构上碳链常有规律的取代甲基，其物理化学性质非常稳定。姥鲛烷（Pristane）和植烷（Phytane）是 $C_{15\sim20}$ 类异戊二烯烷烃中常见的两种主要成分（图 1－13），有机物中的植烷 Ph 和姥鲛烷 Pr 的形成环境不同（Tissot，1979）。叶绿素的烷基侧链在微生物作用下降解形成植醇，在强还原条件下，植醇加氢则成二氢植醇，然后脱水加氢形成植烷。在弱氧化条件下，植醇氧化为植烷酸，然后脱羧基，加氢形成姥鲛烷（图 1－14）。因此，人们以 Pr/Ph 比值来标志原始有机物的氧化、还原环境（据吴俊，1994）。用 Pr/Ph 比值来判定南方龙潭煤系煤层的形成环境，可以看出：南方各煤田煤层形成的环境不尽相同。如江西乐平煤田树皮煤的形成环境较浙江长广煤田更显氧化的地球化学环境；贵州水城煤田煤层的形成环境是一个通氧环境，而相对封闭的还原条件将有利煤层瓦斯的形成与保存。

（4）芳烃的地球化学特征　芳烃是存在于煤中流动相与芳香网格相中的烃类化合物，用色谱－质谱检测方法在南方龙潭煤系中可检测出大量的二、三、四环芳烃化合物，如萘（甲基萘为主，MN）、菲（MP，MMP）、芘（Py）等芳烃化合物。一般用甲基菲指数（MPI－1，MPI－2）、萘菲比（PNP）以及甲基菲（MPC）比例来反映芳烃的生烃演化规律（表 1－5）。在芳烃中菲系化合物具有一定的演化特征（吴俊，1994）（图 1－15、图 1－16、图 1－17）。由于菲系化合物中烷基所处的位置不同，会产生不稳定的菲系化合物，随着热演化程度的加深，菲系化合物中烷基将会发生规律性的脱落；大约在 R_o 为 1.05%～1.25% 时，芳烃上的烷烃基团脱落最多，且甲基的“产量”也大，故此阶段内可形成较多的烃类产物。

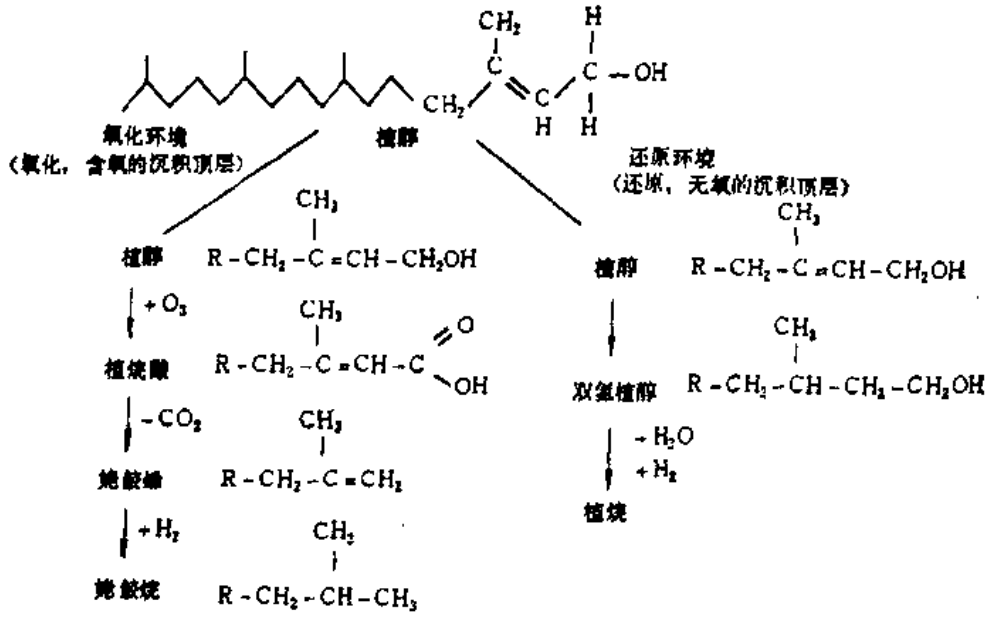


图 1—14　植醇在不同环境中的产物

(据 Tissot，1978)

表 1—5　南方龙潭煤系煤中芳烃 GC 参数表

采样地点	R_o (%)	MPI—1	MPI—2	MPI—3	MPR—1	MPR—2	MPC	PNP
乐平鸣山矿 B_3 煤层	0.68	0.6544	0.7288	10.3171	0.8804	0.7258	1.3252	0.1830
长广东风卡矿 C_2 煤层	0.72	0.6218	0.7212	>30	0.8553	0.7052	2.5613	0.1252
永城大后河边矿 409 煤层	0.73	0.7170	0.7692	36.0700	1.0260	0.8516	2.0563	0.1008

(据吴俊，1994 略修改)

(5) 煤与生油岩系的红外光谱特征　在红外光谱中与脂肪有关的 2900cm^{-1}、1460cm^{-1}、1380cm^{-1}吸收峰的强度较生油岩系低；与芳核碳骨架结构有关的 1600cm^{-1}吸收峰和芳烃面外振动有关的 810cm^{-1}、740cm^{-1}吸收峰的强度较生油岩系高，特别是在红外光谱图上特征更为明显(图 1—18)。再者，随着煤化程度的增高，与脂肪族有关的吸收峰在气煤阶段以前增强，到肥煤阶段吸收峰增强到最高点，然后变弱；与芳核结构有关的吸收峰则表现为逐渐增强，并以焦煤以后的各阶段最明显，表明芳核缩合

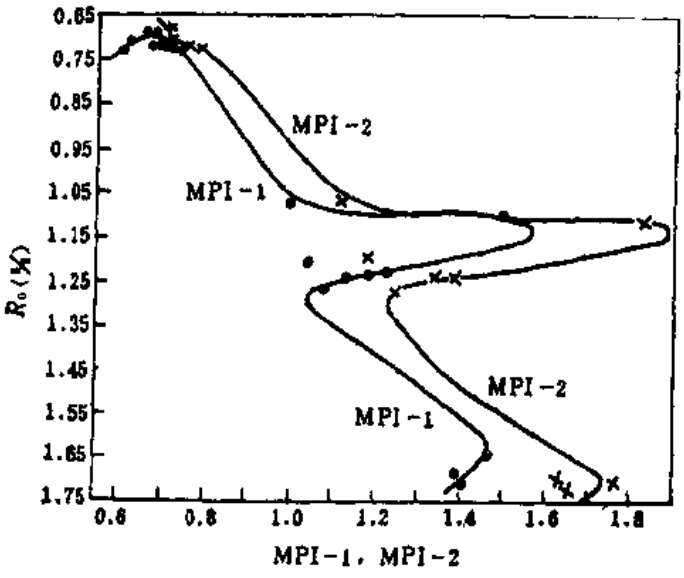


图 1—15　甲基菲指标与镜质组反射率的关系

(吴俊，1994)

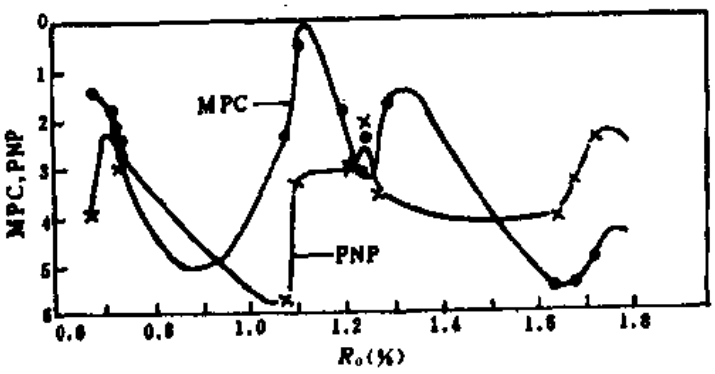


图 1－16　煤中萘菲比，甲基菲类型与镜质组反射率的关系
（吴俊，1994）

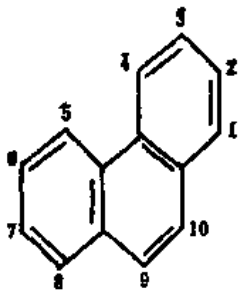


图 1－17　菲系化合物分子结构图

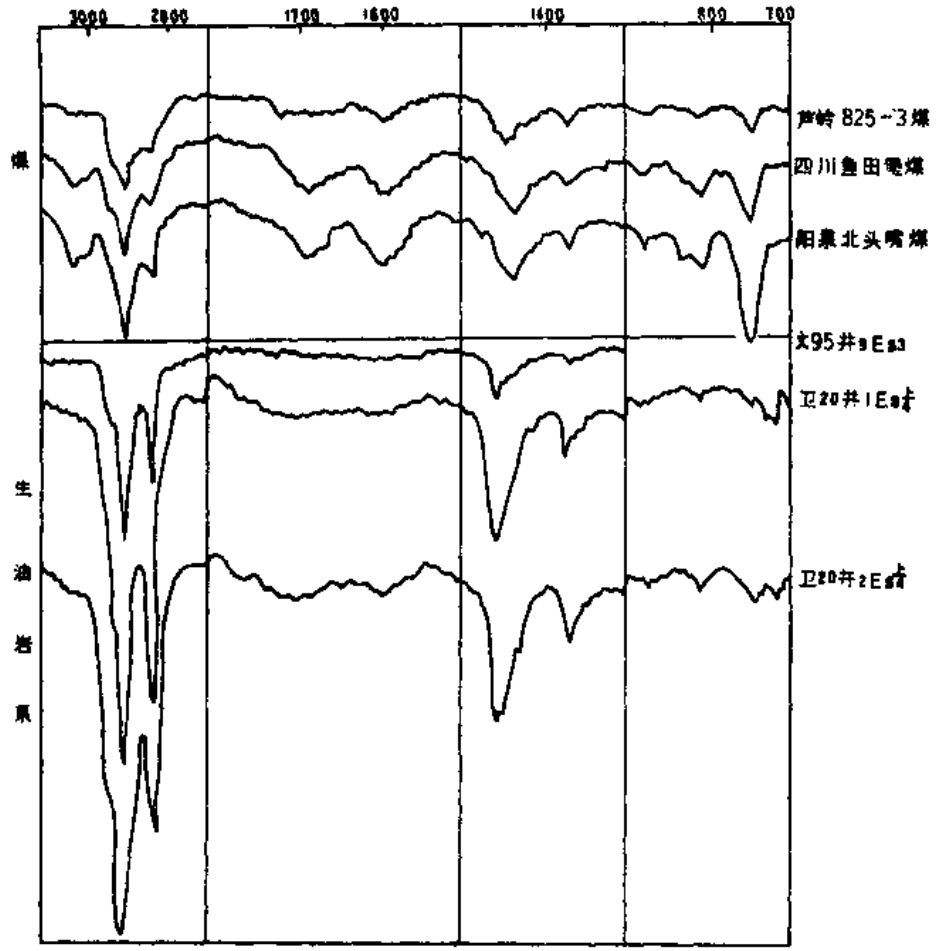


图 1－18　煤和生油岩系红外光谱对比图

的程度具有越来越高的特点。在气煤阶段以前与芳核上取代基有关的吸收峰 810cm $^{-1}$、740cm^{-1}强弱相差不大，自气煤阶段开始 740cm^{-1}吸收峰大于 810cm^{-1}吸收峰，并且随着煤化程度的增高差异逐渐增大（图 1－19）。

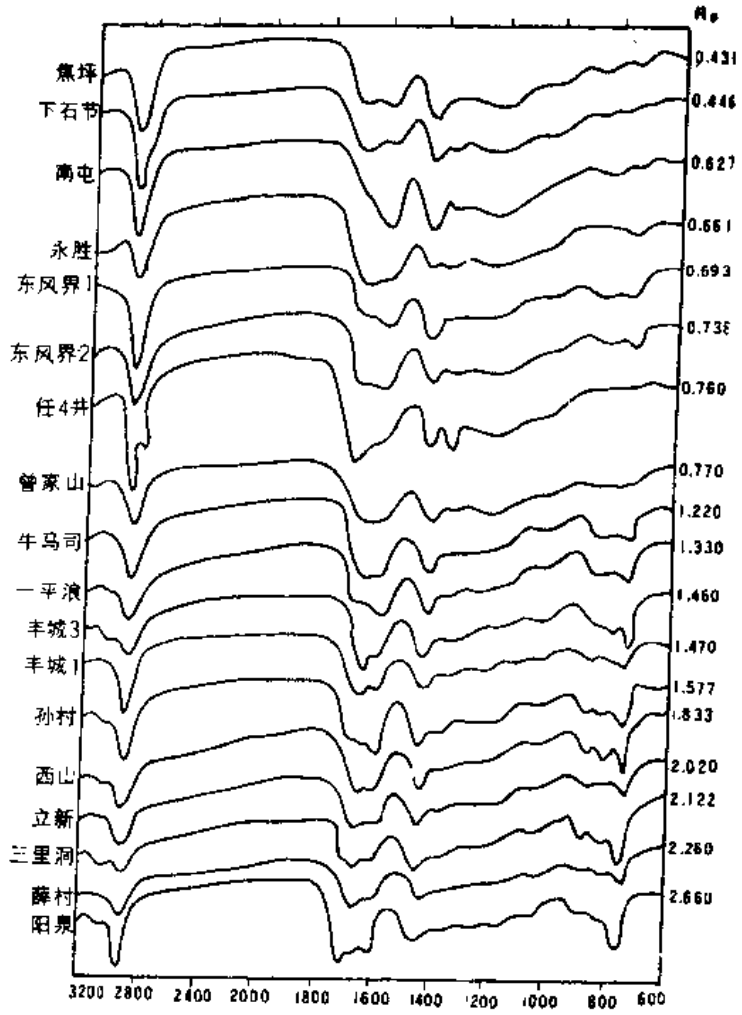


图 1－19　煤的红外光谱特征与变质程度的关系

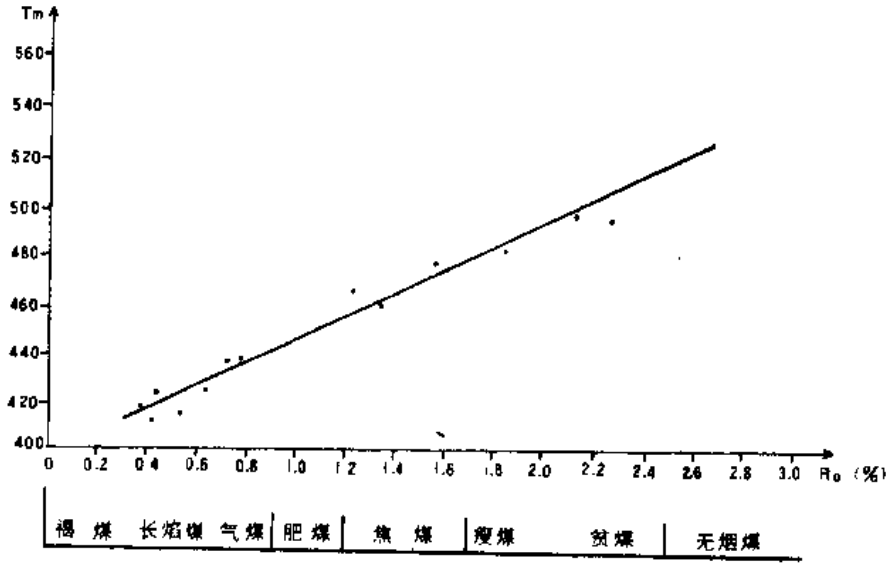


图 1－20　煤最高热解峰与煤化程度的关系

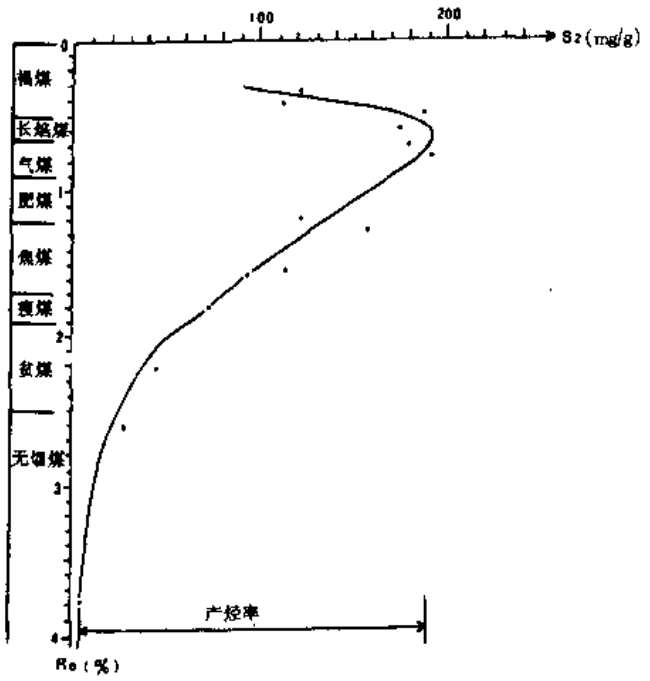


图 1－21　煤的干酪根热解产物与煤化程度的关系

（6）煤与生油岩系的热演化规律

在热解色谱分析中，氢氧指数在蒂索有机质类型图上，绝大多数都位于IH<100的Ⅲ型干酪根的范围内。最高热解峰随煤化程度的加深逐渐升高（图1－20），代表生烃能力的干酪根热解产物在长焰煤--肥煤（前期）阶段最大，随着煤化程度的增高逐渐减少（图1－21），表明在长焰煤—肥煤（前期）阶段，煤的有机质刚刚成熟还未大量成烃，潜在生烃能力较大，随着煤化程度的增高，煤的有机质不断产出烃类物质，使其生烃潜力不断降低。

（7）煤层烃类气体碳氢同位素的地球化学特征

①甲烷碳同位素以富集C^{13}为特征，$\delta^{13}C$值普遍偏轻，其范围－40‰～－80‰，但对于瓦斯突出的煤层，$\delta^{13}C$值具有异常偏重，其范围在－2.1‰～－39.6‰，平均为－27.6‰。甲烷氢同位素δD值亦普遍偏轻。这种差异性均与煤层瓦斯有机质的热演化程度有关。

②有机质的元素组成以碳为主，一般为70%以上，其次是氧为10%～20%，氢含量在6%以下，H/O比在1～0.5，具有明显的贫氢富氧的化学性质。

1.3.3　煤的显微孔隙特征

煤是一种多孔性的地质体，人们早已观察到不同牌号的煤均存在着各种形态的孔隙，因此，了解煤中孔隙性质、分布规律、发育程度及成因类型，对研究煤层瓦斯的储集和煤层瓦斯的突出无疑都有裨益。

煤中的孔隙通常按孔隙大小进行分类：

大　孔　孔径＞10000Å

中　孔　孔径 1000～10000Å

过渡孔　孔径 100～1000Å

微　孔　孔径 ＜100Å

（1）煤的显微孔隙特征　利用扫描电子显微镜对富烃煤层进行研究，可以观察到煤的微米级孔隙（显微孔隙）。这些孔隙与煤的成因有着密切的关系。根据孔隙的形态特征，煤的显微孔隙可分为：原生气孔、植物残余组织孔、矿物铸模或溶蚀孔、颗粒间孔和缩聚失水孔。

①原生气孔：它是煤化过程中气体逸出留下的痕迹。在各种煤化程度和各种煤岩组分中都有存在。它们呈单个或密集成群出现，其大小不一，孔径多为十至数十微米，外形是圆、椭圆形，大多数呈不规则的港湾形、漏斗形，孔洞边缘呈不规则状，有的较为规则。孔隙有孤立和连通式两种形式存在。这种孔隙的成因是成煤有机质在煤化过程中挥发作用造

成的。此类孔隙具有一定储气能力。其含量过多，使煤体的强度降低（图版Ⅰ－1、图版Ⅰ－8）。

② 植物残余组织孔：这是成煤植物本身的组织结构，当原始成煤植物死亡埋藏后，植物组织中易水解的蛋白质、糖类等化学性质不稳定的化合物，在细菌和酶的作用下不断分解，植物胞壁组织经过不同生物化学作用而保留下来的胞腔组织。在扫描电子显微镜下，常见丝质体或结构丝质体保留的木质部、韧皮部的各细胞腔、导管及各种纹管、筛管等，有的还可见菌藻类群体的间隙空间。这些孔隙排列整齐，大小均一，孔径与原生气孔相似，几个至数十个微米，此类型孔隙为孤立不连通的孔隙，植物残余组织孔有时被矿物或其它有机质充填，不利于瓦斯的储集、运移（图版Ⅰ－5、图版Ⅱ－7）。

③ 矿物铸模或溶蚀孔：矿物铸模孔，与煤层形成同时常有原生矿物，如黄铁矿、方解石、粘土矿物等，在成岩固结作用下形成较坚硬的晶体，而在其周围的有机质则收缩紧密后与晶体接触间产生了间隙，在水介质动力条件下，矿物晶粒被溶解或脱落，这样在煤体留下了晶粒大小一样，形态相似的印坑，孤立分布。另一种，矿物溶蚀孔，是常见的黄铁矿、碳酸盐矿物或粘土矿物在空气、地下水循环作用过程中被溶蚀、风化后产生的孔洞，这类孔洞无一定形态而且大小非常悬殊（图版Ⅰ－2）。

① 颗粒间孔：成煤期的各种物质在成岩阶段被压紧、脱水、胶结后保留下来的孔隙。尤其是在无结构的镜质体中常具有颗粒之间的孔隙。这类孔隙形态各异，孔径大小为数微米至数十微米，孔隙间常是沟通的（图版Ⅱ－6）。

⑤ 缩聚失水孔：在成煤过程中，煤体逐渐缩聚失水产生的孔隙，它们的孔径较原生气孔大一些，多数呈椭圆形宽窄不一的孔，常顺层理方向延伸。孔洞孤立或互相沟通（图版Ⅰ－3、图版Ⅰ－7）。

在扫描电子显微镜下，除以上几种孔洞外，还可以见到一些微内生裂隙和微构造裂隙。

微内生裂隙：是成煤物质（指基质镜质体）受到地壳温度和压力的影响，体积收缩产生内应力导致生成的裂隙。镜煤条带上的裂隙垂直层面，不切入其它煤分层，有的沿层面呈不规则的龟板裂纹（图版Ⅰ－6）。

微构造裂隙：煤层形成后受到构造应力破坏而产生的裂隙，所受到的构造应力可以是一次或多次；这种裂隙常成组出现，有方向性，裂隙中有时充填矿物，裂隙延伸可切入其它煤分层（图版Ⅰ－4）。

对瓦斯突出的煤层，在扫描电镜下还可见到有机粘土复合膜（图版Ⅰ－9、图版Ⅱ－4）。它们常在突出煤的鳞片或磨擦镜面上出现，形态呈浮萍状、菜花状或不规则的薄片状。煤中粘土矿物的存在是有机质成烃的良好催化剂，粘土矿物与有机质混合后，更能促进吸附煤中的烃类化合物和水分，粘土矿物吸水后发生膨化和软化，促进煤体的破坏，给煤矿开采中瓦斯的抽放造成了一定的困难。

（2）显微煤岩组分与气孔的关系　在各种显微煤岩组分中，镜质组是出现气孔最多的组分，对煤层瓦斯具有重要意义。

镜质组中气孔出现最多的是结构镜质体，气孔出现常在显微组分的交界或较破碎的地带，即强度薄弱的微区域。在无结构镜质体中气孔出现在一些小透镜体和碎片体中。而条带状或较大面积的均匀基质体气孔发育的较少。

惰质组中气孔的发育也较多，常保存有植物残余组织孔，气孔出现情况与镜质组相似。

表 1 6 华北地区若干煤田太原组和山西组煤层煤质对比表

地区	层位	V_{daf} (%)	Y (m/m)	C_{daf} (%)	H_{daf} (%)	$S_{d,t}$ (%)	V (%)	SV (%)	I (%)	E (%)	M (%)	R_o (%)	$Fe_2O_3+CaO+MgO$ (%)	$SiO_2+Al_2O_3$ (%)
乌达	P_1^1	30	20	87	5.2	1.05	55	6	32	3	4	1.09		
	C_3	28	19	86	5.3	2.00	66	3	23	2	6	1.26		
通化	P_1^1	26	12	88	5.0	0.38	66	7	22	1	3	1.23	7.4	92.7
	C_3	18	10	90	4.6	1.34	66	3	27		4		11.3	84.7
马家沟	P_1^1	34	23	87	5.6	0.49	52	6	33	5	4	0.93	6.1	80.5
	C_3	33	42	88	5.4	1.24	71	3	22		4	1.02	11.8	75.5
西山	P_1^1	16	5	91	4.8	0.72	68	5	24		3	1.79	3.8	94.6
	C_3	16	5	91	4.3	1.33	82	5	10		3	1.73	4.9	72.4
峰峰	P_1^1	24	15	89	5.3	0.74	61	5	26		8	1.27		
	C_3	18	7	90	4.7	1.37	61	9	27		3	1.59		
平顶山	P_1^1	35	18	87	5.6	0.39	73	3	13	7	4	1.02	12.5	87.55
	C_3	29				4.50	85		12				21.6	66.9
黑山	P_1^1	22～24	18～31	89	4.7	0.5～1.6	54	8	32		6		8.6	91.4
	C_3	23～26	22～28	89	4.7	1.7～3.0	82	6	10		2		21.6	78.0
贾汪	P_1^1	38～42	13～17	84	5.4	0.6～1.5	60		30	10			11.4	82.0
	C_3	40～50	14～40	80	6.1	2.8～6.5	89		7	4			34.7	56.4
徐州	P_1^1	37	11	85	5.4	0.34	46	3	36	11	4	0.77	13.4	80.2
	C_3	46	13	82	5.9	3.18	86	2	5	4	3	0.68	36.3	53.2
淮南	P_1^1	35～43	13～20	81	5.3	0.5～1.2	65		25	10				87.0
	C_3	43～55	19～25	80	5.5	1.0～7.0	80～85							

（部分数据取自赵师庆，1991）

惰质组的化学组成具有高碳低氢的特点，其产烃能力比镜质组和壳质组低，但它的结构松散，分子级微孔多、性脆易碎，碳骨架结构中芳香环数少，分子结构单元之间的支链少。由于完好的保留植物组织结构而有较大的内表面积，即增大了气体泄散的自由面。丝质体的碳含量高且多孔性和有较大的比表面积，因而它对瓦斯有强的吸附能力，成为煤层瓦斯较好的储集空间。

壳质组中的气孔含量很少，但在成气作用较强的煤中，壳质组也能发现气孔，如阜新、水城、乐平等地的煤其显微组分中的镜质组、惰质组、壳质组均能见到呈单体或群集的气孔。

此外，气孔发育与煤的性质有密切的关系，强还原程度的煤其气孔发育较好。如华北地区石炭二叠纪煤层中，太原组比山西组煤的气孔发育。

综上所述，煤中孔隙的大量存在对煤层瓦斯的储集和运移极为有利，并使煤体强度降低，尤其是多次受构造应力破坏的煤，煤体结构常呈碎裂、碎粒、粉粒、糜棱和鳞片状结构（图版Ⅰ—1、图版Ⅰ—5、图版Ⅰ—2、图版Ⅱ—9、图版Ⅱ—3、图版Ⅱ—8）。

1.3.4 煤的沉积环境对煤显微组分的影响

煤中的显微组分在成岩化阶段形成后，煤进入了热演化阶段。在整个煤化作用过程中，沉积环境如泥炭沼泽的覆水深度、水介质酸度、氧化、还原电位等对煤的性质有极大的影响．因此煤的显微组分类型、矿物成分及化学特征，往往可以反映成煤时期的古环境。

C. F. K. Diessel（1982，1986）采用煤显微组分的凝胶化指数 GI 和植物结构保存指数 TPI 来反映环境。

$$GI=\frac{\text{镜质体}+\text{粗粒体}}{\text{半丝质体}+\text{丝质体}+\text{碎屑惰质体}}$$

$$TPI=\frac{\text{结构镜质体}+\text{无结构镜质体}+\text{半丝质体}+\text{丝质体}}{\text{基质镜质体}+\text{粗粒体}+\text{碎屑惰质体}}$$

用对数坐标表示的 GI 与 TPI 值相关分布图，反映了泥炭沼泽不同的沉积环境。

GI 值的高低表示森林泥炭地相对潮湿与干燥，极端潮湿与干燥均导致 TPI 下降。

石炭二叠纪含煤地层是华北地区重要的含煤地层之一，太原组、山西组的煤层，不仅分布广，而且厚度大。从（表 1—6）看出太原组、山西组煤层在相似的变质阶段，煤中镜质组、粘结性等性质表现出明显的差异，其原因是由子成煤泥炭沼泽的沉积地球化学环境的不同所造成的；$Fe_2O_3+CaO+MgO$ 和 $SiO+Al_2O_3$ 的灰成分指标以及硫的含量有着明显的变化，尤其当煤层顶板为灰岩时特征更加显著，其根本原因是沉积环境变化而导致煤的性质改变。由于沉积环境的变化，因而，华北地区太原组煤层表现的特征从南到北煤的还原程度由强到弱；山西组的煤从南到北均属较弱的还原性煤（表 1—7）。

表 1—7 华北地区太原组、山西组煤层沉积环境与煤的还原程度的关系

指标 \ 层位	太原组（C_3）			山西组（Pl）		
范围	北部	中部	南部	北部	中部	南部
岩性组合	砂岩泥岩组；泥岩砂岩组	灰岩泥岩组；砂岩泥岩组	泥岩灰岩组；灰岩泥岩组	粗粒碎屑岩为主	中粒碎屑岩为主	泥岩粉砂岩（砂岩）组；粉砂岩（砂岩）泥岩组

续表

层位 / 指标 范围	太原组（C_3）			山西组（P_1）		
	北部	中部	南部	北部	中部	南部
灰岩总厚度（m）	<10	10～20	20～50			很薄
灰岩层数	1～5	5～9	9～12	无	无	偶有灰岩
古地理环境	滨海冲积平原	滨海平原	浅海－滨海	滨海冲积平原	滨海平原和滨海冲积平原	
岩相组合	过渡相冲积相混合（偶有浅海灰岩相）	过渡相、浅海相混合（前者为主，后者次之）	浅海相、过渡相混合（前者为主，后者次）	以冲积相为主	以过渡相为主	
煤层顶板	过渡相、陆相碎屑岩	以过渡相粉砂岩、泥灰岩为主，也有浅海相	以浅海灰岩或泥岩为主，也有过渡相	以过渡相粉砂岩为主		
$Fe_2O_3+CaO+MgO$（%）	10～15	10～30	>30	<10	5～15	5～20
$SiO_2+Al_2O_3$（%）	78～85	60～80	<60	±90	80～90	70～90
煤的还原程度	弱	弱－中等	强	弱	弱	弱

1.4 煤化程度与煤层瓦斯的关系

不同煤化程度的煤，在煤化作用过程中受热的程度不同。不同煤化阶段的煤，煤化作用的温度大致为：褐煤 40～50℃；长焰煤 50～100℃；气煤、肥煤、焦煤和瘦煤大于长焰煤，但不超过 200℃；无烟煤为 200℃左右到 350℃。由于煤化程度较高的煤，煤化作用的温度就高，因而煤中有机质生成烃类气体的热解条件比较好，累计生成的烃类气体的数量也比较高。据华北石炭二叠纪煤的热模拟生气试验视煤气发生率为：气煤 2.52m^3/t；肥煤 61.95m^3/t；焦煤 65.02m^3/t；瘦煤 115.56m^3/t；贫煤 188.77m^3/t；无烟煤 315.56m^3/t。贵州晚二叠世龙潭组煤的视煤气发生率为：气煤 114m^3/t；肥煤 146m^3/t；焦煤 207m^3/t；瘦煤 259m^3/t；贫煤 306m^3/t；无烟煤 391m^3/t。从中可以看出视煤气发生率的大小与煤化程度的关系是相当密切的。中国的高瓦斯矿井多为开采中、高煤级烟煤和无烟煤的矿井，也在一定程度上反映了煤层瓦斯含量与煤化程度的关系。

1.4.1 煤层瓦斯的富集与煤化程度的关系

煤层瓦斯的组成成分中，常含有一定数量的重烃，含量高时可以达到 10%以上，甚至 30%左右（表 1－8）。据抚顺煤炭科学研究所与淮南矿业学院的研究表明，重烃主要产出于气煤到瘦煤的煤化阶段，即煤的成熟期。在从褐煤到长焰煤的未成熟期内，产出的烃类气

体的组成成分以甲烷为主，为干气。贫煤到无烟煤的过成熟期内，产出的烃类气体亦以干气为主（图1－22、图1－23）。含重烃较多的煤生烃母质主要是草本植物、水生植物和部分浮游生物。堆积环境为覆水较深的“沼泽湿地”和“开阔水域”，水介质的还原条件比较强，形成的腐植质中常含有一定数量的腐泥质。这些含有腐泥质的腐植质在软褐煤阶段形成密屑体，以后在煤化作用的过程中逐渐演变成不均一的基质镜质体，成为煤中产出重烃的主要物质。

表1－8　我国部分地区煤层瓦斯中的重烃含量

地　区	煤　层	R_0（%）	V_{daf}（%）	烃类气体的总组成	
				CH_4	C_2－C_8
北票台吉	5A	0.73	39.38	73.07	28.83
南桐砚石台	6	1.04	26.19	74.36	15.743
峰峰羊东	9	1.58	16.51	71.80	11.742
天　府	K_2	1.22～1.72	15.53～0.29	58.03～89.70	7.18～33.26

①R_0值为0.30%～0.55%烃类气体中以CH_4为主，重烃成分C_2－C_8虽有出现，但浓度、含量很低，重烃成分的浓度一般只有0.0348%，按天然气类型的划分多属于“干气”。可相当于有机质未成熟期。

②R_0值为0.55%～1.65%烃类气体中以CH_4为主，并生成一定数量重烃气体，C_2－C_8浓度提高并达到峰值，C_2H_6可达16%，C_3H_8达5%，此阶段相当于有机质成熟期，含量可达0.1～1.5cm³/g，此阶段煤层气体具有“湿气性”。

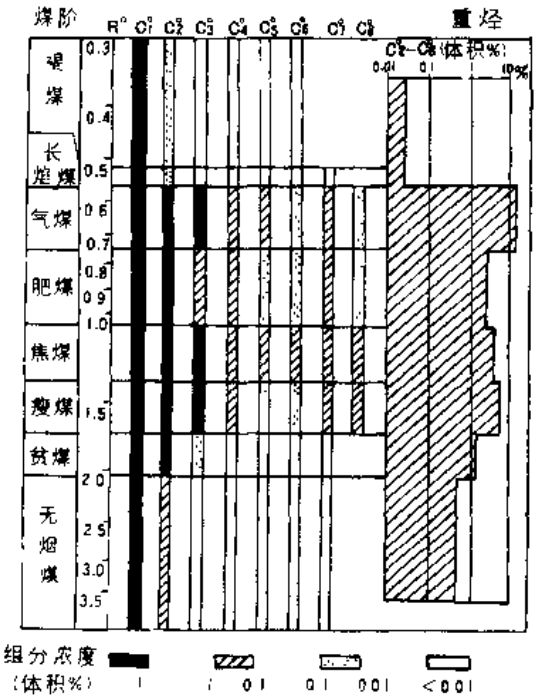


图1－22　煤层气烃类气体产出与煤级的关系
（据抚顺煤炭科学研究所与淮南矿业学院）

③R_0>1.65%，由于热力作用的增加，大分子烃类气体成分向低分子烃类气体成分转变，煤的物性以较多的微孔存在（孔径<1000Å），重烃含量浓度明显降低，约为0.0010～500cm³/g，烃类气体中仍以CH_4为主，但有机质产烃能力减小，相当于有机质过成熟期。随着煤化作用的加深，煤中的富氢基团大量脱落或裂解为气态小分子。

1.4.2　中国各地区煤的煤化程度和煤种分布概况

分布在滇东、桂北、湘中、粤北、赣中、赣南的早石炭世的煤，多为高煤级的烟煤和无烟煤。分布在华北地区的石炭二叠纪的煤，在晋中、晋东南、豫北、豫西和豫东为高煤

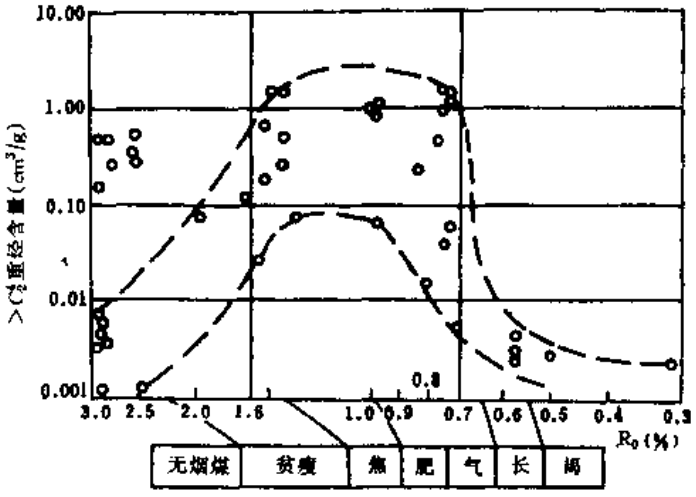


图 1－23　重烃含量与煤阶的关系

级的烟煤和无烟煤；往北到开滦、大同、准格尔煤田，为长焰煤和气煤，仅在部分地区，如，济南、柳江、兴隆、京西，有少量高煤级的烟煤和无烟煤；往南在淮南、淮北、徐州、平顶山一带，主要为低、中煤级的烟煤；在鄂尔多斯盆地东南缘的渭北煤田和桌子山、贺兰山煤田以及河西走廊和北祁连山一带，为中、高煤级的烟煤和无烟煤。早二叠世的煤，在华南大部分地区都是高煤级的烟煤、无烟煤，福建一带为超无烟煤。晚二叠世的煤，在福建、广东、湘南、赣东、赣中、广西、四川、西藏和滇西地区为高煤级的烟煤和无烟煤，其它地区以中煤级烟煤为主。晚三叠世的煤，在华北和西北地区为低、中煤级烟煤；在华南地区和西藏、滇西地区为中、高煤级烟煤和无烟煤，早中侏罗世的煤，以长焰煤、不粘煤为主，仅在部分地区，如，京西、京东、柳江、坊子、汝箕沟、北票、新疆的木里河沿岸和艾吾尔沟等地为中、高煤级的烟煤和无烟煤。晚侏罗早白垩世的煤，主要为褐煤和低煤级烟煤，中、高煤级的烟煤和无烟煤主要分布在黑龙江的东部和吉林的部分矿区。第三纪的煤，主要为褐煤，只有少数煤田或矿区，如东北的抚顺、依兰和台湾省的一些地区为低、中煤级的烟煤。

晚古生代—第三纪，中国各时代各地区煤的煤化程度大致表现为：

①含煤地层的地质时代越老，煤的煤化程度越高；

②华南地区高于华北地区的晚古生代煤的煤化程度；

③早中侏罗世煤的煤化程度，在太行山以东的华北地区的东部，一般高于太行山以西的华北地区的西部和西北地区；

④东北和内蒙古东部的晚侏罗早白垩世煤的煤化程度，在大兴安岭以东，高于大兴安岭以西；

⑤第三纪煤的煤化程度普遍比较低，主要为褐煤，仅在濒太平洋西岸的少数煤田或矿区为低、中煤级烟煤。

1.4.3　煤的变质作用与煤的镜质组反射率的关系

在煤化作用过程中，煤的各种有机显微组分在化学与物理结构上的变化，按 H/C、O/C 比值的不同，具有各自的演化轨迹（图 1－24）。由于镜质组的化学、光学性质的变化比其它显微组分更为均匀且有规律，因而常用镜质组的变化作为研究煤阶的依据（图 1－25）。

在变质作用过程中，镜质组的芳香结构化程度逐渐加强，芳香核逐渐缩合成较大的聚合体，分子结构的芳香薄片排列趋于定向化和规则化。随着分子结构的变化，煤的化学组成也相应发生一系列的变化（图 1－26、图 1－27、图 1－28）。

变质阶段初期，由于富氧产物（CO_2 和 H_2O）大部分释放出，氧含量开始减少，而甲烷还未释放，富氢的侧链和基团减少的不多，因而氢含量仍然缓慢增加。随变质阶段加深，

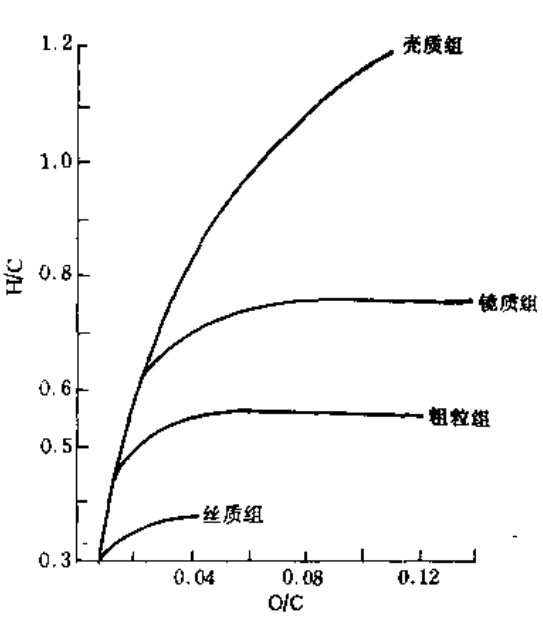


图 1—24 按 H/C、O/C 原子比值不同显微组分的演化轨迹
（据 Van Krevelen，1961）

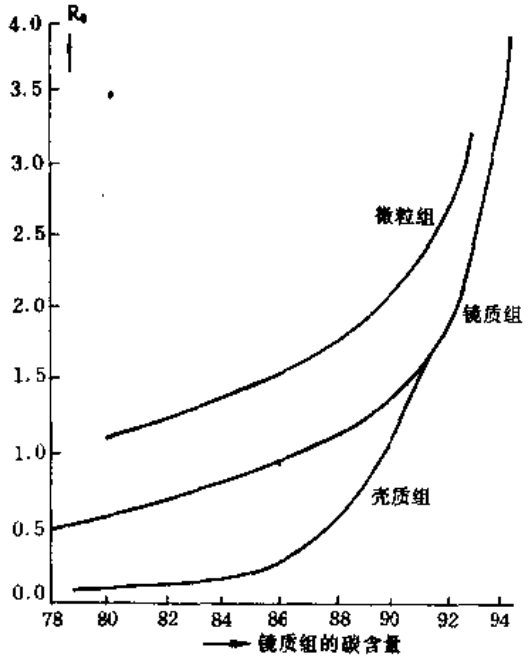


图 1—25 显微组分的反射率
（据 Van Krevelen，1961）

侧链基团脱落增加，甲烷开始大量释放，以致氢含量下降。到无烟煤阶段，因甲烷析出量最大，而氢含量和 H/C 原子比迅速降低。因此，氢含量是无烟煤阶段和超无烟煤的良好指标。氧含量在煤化作用开始一直有明显的减少，但在碳含量等于 87%，R_o 等于 1.39%以后，则降低缓慢。

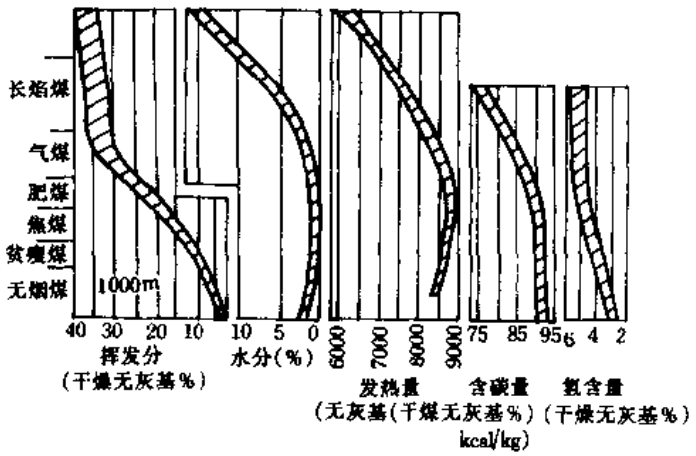


图 1—26 镜质组中各煤级参数随煤化程度变化的表现特征

从 X 射线衍射分析图谱中，可看出 X 射线的曲线形状随煤化程度的加深而有规律的变化。如图 1—29 所示，煤化程度低的烟煤曲线平滑，随煤化程度的升高，衍射强度增强，到无烟煤阶段出现两个明显的衍射峰值（002）和（100、101），到超无烟煤则更加显著。这种现象即反映出煤化程度低的煤其化学结构排列不规则，有许多侧链。随煤化程度增高，到无烟煤、超无烟煤其稠环结构平行层面的排列逐步紧密而规则。石墨是晶体物质，石墨的碳原子排列在空间各个方向都成规则的网格，在图谱中衍射峰对应于（002）、（100）、（004）、（110）等。

中国大部分煤田和矿区的烟煤和无烟煤的形成，都不同程度地受到了深成变质作用的

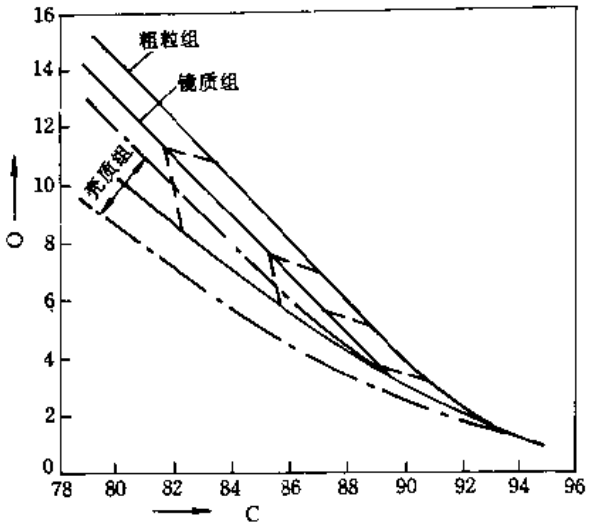


图 1－27　显微组分的氧含量
（据 Van Krevelen，1961）

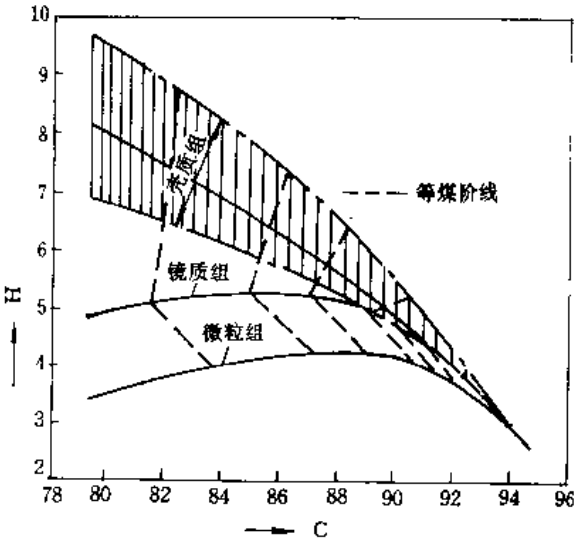


图 1－28　显微组分的氢含量
（据 Van Krevelen，1961）

影响。华北地区石炭二叠纪煤的深成变质，主要发生在华北陆块的稳定发展阶段，以济源—焦作—侯马—铜川及鄂尔多斯盆地深部变质作用最强，大约使煤的煤化程度达到了中、高煤级的烟煤阶段，是华北地区石炭二叠纪煤的深成变质作用的中心地带。由此向外，煤的深成变质作用减弱，石炭二叠纪煤的煤化程度仅仅达到了长焰煤和气煤阶段。华南地区煤的深成变质作用主要发生在华南板块的稳定发展阶段，部分发生在侏罗纪—白垩纪强烈坳陷的煤盆地内，如华南西部的四川盆地和黔西、滇中一带，华南板块进入滨太平洋构造域发展阶段后，煤的深成变质作用对于晚古生代和晚三叠世的煤的变质，可能仍然起着重要作用。深成变质作用对于晚古生代和晚三叠世的煤，在华南东部地区达到了低—中煤级的烟煤阶段；在四川盆地的深部和滇中祥云一带，使煤的变质程度达到了高煤级的烟煤以至无烟煤阶段。深成变质作用对早中侏罗世和晚侏罗早白垩世煤的影响比较弱。前者在西北和华北地区大约达到了长焰煤阶段；后者在大兴安岭以东至多达

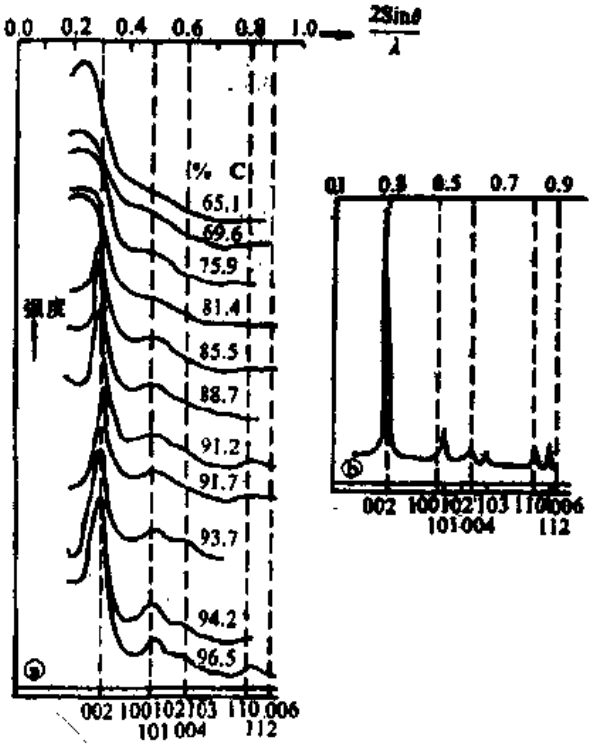


图 1－29　镜质组和石墨的 X 射线衍射曲线图
ⓐ- 煤化系列；ⓑ—石墨（100%C）
（据 Van Krevelen，1961）

到了长焰煤阶段，在大兴安岭以西的内蒙古东部，仍为褐煤。岩浆热变质作用，使许多地区的煤在深成变质作用的基础上进一步发生变质。如华南和华北地区特别是这些地区的东部，许多中、高煤级的烟煤、无烟煤和超无烟煤的形成；华北和西北某些矿区，如艾吾尔沟、木里河沿岸、汝箕沟、坊子、京西等早中侏罗世中、高煤级烟煤和无烟煤的形成；大兴安岭以东晚侏罗早白垩世，中、高煤级烟煤和无烟煤的形成；以及某些第三纪低、中变质烟煤的形成，大部分都是在深成变质的基础上，进一步受到了岩浆热变质作用的影响。

综上所述，中国地史上各聚煤期特别是晚石炭世、二叠纪、早中侏罗世、晚侏罗早白垩世和第三纪形成的含煤地层，不仅分布广，含煤层数多，煤层厚度大，煤的有机质丰度高，煤的显微组分以生烃能力较强的镜质组为主，而且分布在华北和华南地区的大多数石炭二叠纪煤田，晚三叠纪煤田与大兴安岭以东晚侏罗早白垩世煤田煤的煤化程度高，多为中、高煤级的烟煤和无烟煤，从而为煤化过程中煤层瓦斯的形成提供了比较丰富的物质基础，也提供了较强的热演化条件。这可谓我国华南、华北和东北东部地区煤层瓦斯含量较高的原因之一。

第二章　煤层瓦斯赋存的控制条件

煤层瓦斯是在地质历史时期成煤过程中形成的气态地质体。其生成、运移和赋存受着地质条件的控制和制约。瓦斯地质研究成果表明，煤层瓦斯分布是不均衡的。其不均衡性不仅表现在水平方向上，而且还反映在时间和空间上，具有十分明显的分区分带特征。这些与地质条件的复杂性密切相关。因此，研究煤层瓦斯赋存的控制条件对摸清煤层瓦斯分布规律，进行煤层瓦斯涌出和突出预测，指导煤矿防治瓦斯自然灾害具有重要意义。本章将在中国煤层瓦斯赋存、涌出和突出特征研究的基础上，探讨构造、围岩、风化剥蚀程度、地下水作用等地质条件对煤层瓦斯赋存的控制作用，为研究中国煤层瓦斯的区域分布规律和预测提供理论基础。

2.1　煤层瓦斯赋存、涌出和突出

第二代地质学创始人李泰来先生指出："所有的地质现象，都是在气、水参与作用下岩石圈循环运动的产物"。煤层瓦斯的生成和演化过程也毫不例外，煤层瓦斯的赋存和涌出是这一循环过程的具体表现。煤层瓦斯从赋存—涌出（或突出）—爆炸，经历了由量变到质变的能量转化过程。煤层瓦斯具有两重性：一方面，瓦斯是煤矿生产中最为严重的自然灾害，其严重性、危害性和发生频率居煤矿自然灾害之首，严重威胁着矿井安全生产和煤矿职工的人身安全；同时大量的瓦斯排放到大气中，是造成大气圈层污染和全球温室效应的较为重要的罪魁祸首之一。另一方面，瓦斯又是一种洁净的工业和民用能源，开发出来变害为宝，可以造福于人类。从煤层瓦斯的灾害性来认识，煤层瓦斯的赋存条件是发生瓦斯灾害的最为重要的物质基础和必要条件，瓦斯涌出（或突出）则是发生瓦斯灾害事故的充分条件。研究煤层瓦斯的赋存特征、涌出（或突出）特征及其控制因素是一项十分重要的工作。

2.1.1　煤层瓦斯的赋存

煤层瓦斯含量：在自然条件下，单位质量或体积的煤体中所含的瓦斯量。通常用 m^3/t 来表示。煤是一种多孔天然吸附介质，其内部存在着大量的孔隙和微裂隙。甲烷分子主要以单分子层状态吸附于煤体的微孔隙、微裂隙表面和煤的粒子团内部，占据着煤分子结构的空位或分子之间，并和微孔隙、微裂隙中的游离态甲烷分子处于不断地互逆变换的动平衡状态。因此，煤层瓦斯赋存量除取决于煤的孔隙度、压力、温度和煤阶外，还受控于煤的微观结构特征。

国内不同矿区煤的扫描电子显微镜图像观察结果表明，煤化过程中煤脱气造成的孔隙和构造作用过程中煤层受到挤压、拉张和剪切作用形成的裂隙，构成了具有典型多孔特征的孔隙裂隙系统。依据分布规律可分为三种结构类型：其一是孔隙型，以零星或成群分布的孔隙为主，绝大多数孔隙是孤立存在的，孔壁保存完好，相互之间没有裂隙或脉络连通且呈封闭状态。煤中的节理和次生裂隙不发育，结构比较致密，煤层具有很低的透气性能，

透气性系数小于10^{-3}mD。瓦斯在其中的运移条件很差，如阳泉矿区的3号煤层。其二是孔隙裂隙型，由孔隙和裂隙构成，裂隙成为孔隙之间联系的通道，表现为半开放性。与孔隙型结构相比，煤层的透气性能大为改观，透气性系数在10^{-1}～10^{-3}mD之间，如焦作矿区的煤层。其三是裂隙型，从图像上观察，是由许许多多长短不等、宽窄不同并彼此交织在一起的微裂隙所构成的网格状结构。煤层的透气性能最好，透气性系数大于10^{-1}mD。如中国抚顺矿区的煤层，其透气性系数绝对值是阳泉矿区的10000倍以上。

煤系既是瓦斯气体的生成源体，又是瓦斯的载体（即储气层）。在煤化作用过程中伴随瓦斯气体生成的同时，大部分瓦斯气体在地层静压力、构造运动力和瓦斯气体浮力综合作用下不断地逸散到大气中或沿层理、裂隙等运移到相邻地层中，仅有一小部分保留在煤层中。如阳泉矿区的3号煤层为无烟煤，在瓦斯压力为1.4MPa时，煤层瓦斯含量仅有20m³/t，还不到生成量的10%。中国部分矿区煤层瓦斯压力和含量分布情况，见表2—1。

表2—1　部分矿区煤层瓦斯压力和含量测定结果

矿　　区	煤　层　编　号	瓦斯压力（MPa）	瓦斯含量（m³/t）
白沙矿区	6	0.85～1.03	15.10～15.90
平顶山矿区	戊$_{9-10}$	1.22～1.47	7.07～9.45
平顶山矿区	己$_{15}$	1.38～2.02	9.53～14.77
阳泉矿区	3	1.30	18.17
阳泉矿区	12	1.10	14.75
阳泉矿区	15	0.20～0.30	3.26
阳泉韩庄井田	3	2.37	26.82
阳泉韩庄井田	9	1.93	21.20
阳泉韩庄井田	15	3.14	29.50
北票矿区	5A	2.49	13.70
北票矿区	4	1.61	12.40
北票矿区	3	1.68	12.10
焦作矿区	二$_1$	0.73～1.32	18.13～19.42
淮北矿区	8	2.95	16.40
中梁山矿区	K_1	1.79	15.90
鸡西矿区	2	2.11	16.7
梅田矿区	6	0.75～1.01	15.30～17.20
红阳井田	12	1.08	10.10
荥巩煤田	二$_1$	0.71～1.12	8.59～14.43
晋城矿区	3	0.20～0.37	5.76～6.76
兖州矿区	3	0.13～0.60	0.84～4.38

从煤层瓦斯成生机制来认识，瓦斯赋存主要受控于生、储、盖条件。在煤层生气条件相同的前提下，瓦斯赋存量在很大程度上取决于封闭条件，即包括煤层顶板在内的覆盖层岩石的性质、厚度以及地质构造破坏程度。

国内部分矿区煤样的吸附瓦斯含量与瓦斯压力之间的关系，如图2—1所示。图中列出了8个矿区的煤样在吸附平衡温度为30℃时的等温吸附曲线。煤的吸附瓦斯量遵照范德瓦尔斯吸附原理，由郎格谬尔等温吸附方程计算。在瓦斯吸附含量计算式子中，当煤质条件一定时，煤层的瓦斯含量实际上是瓦斯压力的二次函数。可简化为如下的数学表达式：

$$W_{含}=\alpha\sqrt{P} \qquad (2-1)$$

式中 α——瓦斯含量系数，它是确定煤层瓦斯含量大小的一个重要因素。

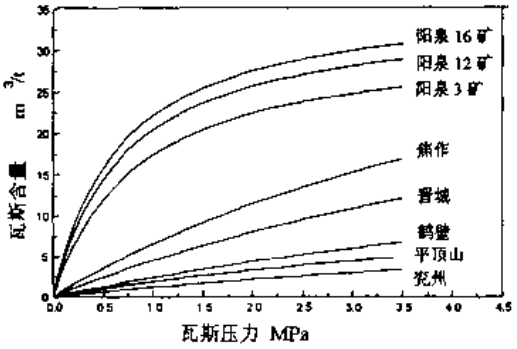


图 2—1 煤的瓦斯等温吸附曲线

阳泉矿区煤层瓦斯含量系数计算结果见表 2—2。国内外不同矿区大量的开采实践和试验研究结果表明，煤层瓦斯压力与煤层的埋藏深度之间存在着正相关关系，$P=\beta H$，即：

$$W_{含}=\alpha\sqrt{\beta H} \qquad (2-2)$$

式中 β——比例系数；

H——煤层的埋藏深度。

对于某一煤层，其它自然条件一定时，根据现场生产区得到的 α 和 β 值，可以计算出邻区或未揭露区域的煤层瓦斯含量。

表 2—2 阳泉矿区煤层瓦斯含量系数表

矿井名称	煤层编号和瓦斯含量系数									
	1	2	3	6	8	9	11	12	13	15
一~四矿	14.55	12.96	18.34		19.30	11.70	19.61	20.56	18.34	19.61
五 矿	12.40	12.40	10.83	10.00	11.83		18.30	20.89	19.96	6.83
韩庄井田			17.63	16.46	16.51	15.10				15.82

2.1.2 煤层瓦斯的涌出和突出

2.1.2.1 煤层瓦斯涌出

煤层瓦斯涌出：由受采动影响的煤层、岩层，以及由采落的煤、矸石向井下空间均匀地放出瓦斯的现象。正常瓦斯涌出的过程缓慢持久，涌出量十分可观，是造成矿井开采过程中瓦斯积聚超限和发生瓦斯爆炸事故的根源。有些矿区瓦斯涌出还包括，开采层顶底板范围内受采动影响的不可采煤层或岩层的瓦斯。如阳泉矿务局以矿井瓦斯涌出量大闻名全国，年瓦斯涌出总量高达 3.5 亿 m^3，平均每分钟涌出瓦斯 $700m^3$，折合每生产 1t 煤瓦斯涌出量为 $31m^3$。

瓦斯涌出是不均衡的，在空间分布上具有明显的分区、分带特征。瓦斯涌出的非均衡性不仅存在于煤田、矿井之间，而且还存在于同一煤层同一矿井的不同工作面之间。据全国 334 个煤田和矿区统计，高瓦斯矿区和煤田有 149 个，低瓦斯矿区和煤田为 185 个。可以将全国各大地区的煤层瓦斯在空间分布上划分为 8 个高瓦斯区和 12 个低瓦斯区；36 个高瓦斯带和 53 个低瓦斯带。图 2—2 为山西太原南峪矿区瓦斯涌出量分布图。该区域内矿井瓦斯涌出总的呈现南高北低、两边高中间低的趋势。瓦斯涌出条带的延展方向在区域北部呈弧形；区域中部近东西，区域南部呈封闭形。其走向为 NW 到 SE 向，这与区域内主要构造轴线一致。

在煤炭生产的各个不同阶段都会遇到瓦斯涌出问题。矿井瓦斯涌出规律和涌出量因地而异，因矿井而异。影响瓦斯涌出的因素多而复杂，根治技术难度大，一直是我国煤炭战线长期存在的重大技术难题。特别是近几年，随着矿井开采范围的加大和高产高效矿井或

高产高效工作面的出现，打破了低瓦斯矿井和高瓦斯矿井的划分界限，许多过去的低瓦斯矿井变成了高瓦斯矿井，一些低瓦斯矿井中出现了高瓦斯采区或高瓦斯工作面，给矿井通风管理带来了极大的困难。

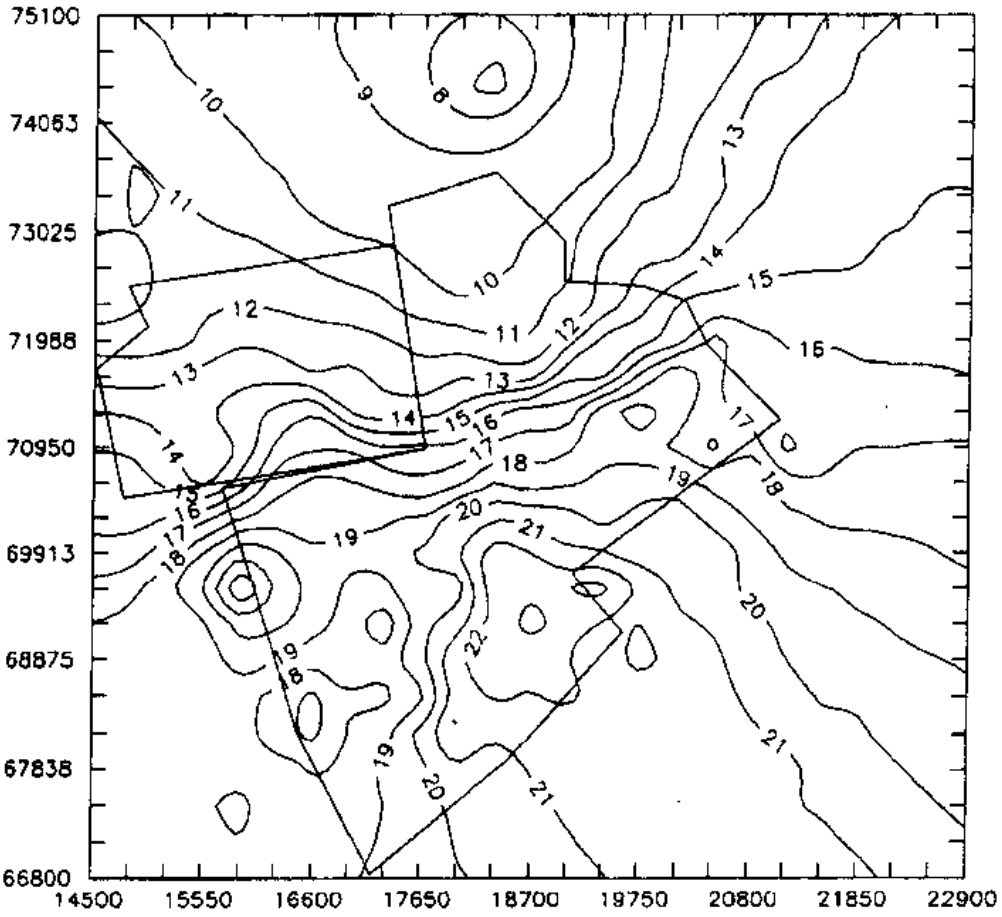


图 2－2　山西太原南峪矿区瓦斯涌出量分布图（m^3/t）

为了研究矿井瓦斯涌出量与地质因素之间的关系，作者以工作面瓦斯涌出量作为因变量，选取埋藏深度、煤层倾角、断层密度、煤层厚度、构造煤厚度等作为自变量，建立了阳泉矿区 3 号煤层瓦斯涌出与地质因素之间关系的数理统计模型，即：

$$q_{涌}=-38.221978+4.656721695D-10.351003F+21.2602726M \qquad (2-3)$$

式中　D——煤层倾角，(°)；

F——断层密度，条/万 m^2；

M——煤层厚度，m。

从该数学模型分析得出，在矿井开采过程中，工作面瓦斯涌出量与煤层倾角呈正相关关系；与断层密度呈负相关关系；与煤层厚度有极明显的正相关关系。这说明煤层的透气性具有各向异性，即，顺煤层方向的透气性比垂直层面方向的透气性大；煤层倾角大，有利于采后冒落、垮落，因冒落、垮落高度大，而卸压影响范围也大，使邻近煤层瓦斯大量涌向采空区，进面流向工作面；煤层厚度大，生成瓦斯的原始质料多，况且空间大有利于瓦斯赋存；断层密度加大而减少瓦斯涌出量是不言而喻的。

2.1.2.2 煤与瓦斯突出

煤与瓦斯突出（含岩石与CO_2突出，以下简称瓦斯突出或突出）：在地应力和瓦斯的共同作用下，破碎的煤、岩和瓦斯由煤体或岩体内突然向采掘空间抛出的异常的动力现象。1834年3月22日，法国鲁尔煤田伊萨克矿井，在急倾斜厚煤层平巷掘进工作面发生了世界上第一次有记载的瓦斯突出，至今一个半多世纪以来，世界各主要产煤国如俄罗斯、波兰、澳大利亚、德国、英国、日本等都发生过程度不同的瓦斯突出。我国是世界上发生瓦斯突出最为严重的国家之一，据不完全统计，目前我国有瓦斯突出矿井270余对，已发生煤与瓦斯突出万余次。近年来，随着煤炭工业的迅猛发展，瓦斯突出对煤矿安全生产的威胁与日俱增，如平顶山矿区的东部三对矿井近几年相继发生了瓦斯突出。

(1) 瓦斯突出的基本情况　中国煤矿的瓦斯突出97%以上都发生在高瓦斯矿井，而低瓦斯矿井有瓦斯突出的仅有开滦的赵各庄、张家口的前山矿、鹤岗的南山矿和新一矿、抚顺的南昌井、盘江的火铺井和云南的蚂蝗庆矿。瓦斯突出矿井的分布以华南地区最多，为181对，占全国瓦斯突出矿井总数的66.3%；其次，华北地区和东北地区分别为67对和21对，占全国瓦斯突出矿井总数的24.1%和7.6%；西北地区为5对，占全国瓦斯突出矿井总数的2%。见表2—3。从含煤地层时代来看，开采石炭二叠纪煤层的突出矿井最多为230对，占全国瓦斯突出矿井总数的83.7%；其次是开采早中侏罗世和晚三叠世煤层的突出矿井为23对，占8.5%；开采晚侏罗早白垩世煤层的突出矿井为17对，占6.3%；开采第三纪煤层的突出矿井为4对，仅占1.2%。

表2—3　中国瓦斯突出矿井分布概况

地　区	突出矿井数（对）	占总突出矿井数（%）	突出次数（次）
华南地区	181	66.3	>6909
华北地区	67	24.1	>3644
东北地区	21	6.6	>943
西北地区	5	2.0	>7
合　计	274	100.0	>11503

表2—4　部分瓦斯突出矿井的始突深度

地　区	突出矿井	煤　层	始突深度（m）
华南地区	白沙局里王庙井	6	35
华南地区	白沙局坦家冲井	6	75
华南地区	中梁山局南井	K_1	225
华南地区	梅田局余家寨井	6	70
华北地区	平顶山局东三矿	戊组、己组	420
华北地区	阳泉局一、三矿	3	200
华北地区	淮北局芦岭矿	8	460
华北地区	北票局冠山二井	5A	340
华北地区	北票局台吉一井	4	260
华北地区	红阳二井	12	580
东北地区	鸡西滴道矿	2	365
东北地区	抚顺老虎台矿		640

中国煤与瓦斯突出的始突深度在不同矿区、不同矿井相差甚大。始突深度最小的不到40m，如湖南红卫里王庙矿为35m；最大的达到600m以上，如抚顺老虎台矿为640m。部分瓦斯突出矿井的始突深度见表2—4。华南地区东部的湘、赣、粤始突深度最小，一般为数十米到200m；华南地区西部的川、黔、滇始突深度一般为100～400m；华北地区的始突深度约为200～500m；东北地区的始突深度在100～400m之间，最大为600m。

中国瓦斯突出矿井中，突出强度以中、小型为主。特大型瓦斯突出矿井有30对左右，主要分布在阴山燕辽、黑吉辽中东部、四川盆地龙门山大巴山、川南黔北黔西、赣湘粤桂东5个煤层瓦斯含量高和矿井瓦斯涌出量大的高瓦斯区内，见表2—5。华南地区特大型瓦斯突出矿井最多，有25对，占全国特大型瓦斯突出矿井总数的80%以上。突出强度最大的是天府的三汇坝一矿，突出强度为12780t/次；其次是南桐的鱼田堡矿和白沙的红卫煤矿坦家冲井，最大突出强度分别为8327.5t/次和4500t/次。

表2—5　全国特大型煤与瓦斯突出矿井的基本情况

矿　井	最大突出强度（t）	瓦斯涌出量（m^3/t）	瓦斯含量（m^3/t）
天府磨心坡矿	5720	60.2	16.60
天府三汇坝一矿	12780	44.99	17.00
中梁山南井	1920	61.33	15.90
南桐鱼田堡	8328	43.01	25.00～30.00
南桐煤矿	3500	81.50	15.45～20.00
南桐东林井	3500	19.73	21.36～25.00
松藻二井	1000	70.76	
六枝大用矿	2000	84.05	17.22
六枝木岗矿	1700	49.45	14.20
华蓥山高顶山矿	1000	48.18	
白沙坦家冲井	4500	52.26	22.40
白沙里王庙井	3700	37.75	24.50
马田艾和山井	1021	61.84	
马田桐子山井	1267	67.13	19.30
洪山殿彭家冲	1910	151.11	
洪山殿蛇形山矿	1021	47.20	21.70
邵阳金华山矿	1000	84.50	
邵阳大园矿	1500	34.00	24.50
邵阳斜岭矿	1300	44.70	
英岗岭建山矿	1000	59.59	
乐平涌山矿	2200	25.28	17.01
金竹山土株井	1100	17.98	
梅田江水矿	1103	28.00	17.20
焦作演马矿	1500	15.00	10.00～15.00
下花园二井	1000	13.85	
北票台吉竖井	1635	23.57	24.00
北票冠山二井	1894	45.01	20.00
北票三宝矿	1500	34.99	14.05
郴州三五矿	3000		
冷水江资江矿	1200	42.60	23.10

(2) 瓦斯突出的地质因素　从地质角度研究瓦斯突出动力现象，主要考虑发生瓦斯突出的气体介质和构造破坏介质两方面因素，即煤层瓦斯含量、地质构造和由地质构造破坏造成的煤体结构。

第一，煤层瓦斯含量高是瓦斯突出发生的基础。瓦斯突出集中分布在煤层瓦斯含量相对富集的地带，全国 30 对特大型瓦斯突出矿井中煤层瓦斯含量一般都在 $20m^3/t$ 左右，从而不少矿区把煤层瓦斯含量作为评价瓦斯突出的标准。如湖南的涟邵和郴耒矿区煤层瓦斯含量大于 $15m^3/t$ 为严重突出煤层；瓦斯含量 9～$15m^3/t$ 为一般突出煤层；煤层瓦斯含量小于 $9m^3/t$ 不发生瓦斯突出。四川南桐矿区、天府矿区和焦作矿区发生瓦斯突出煤层的瓦斯含量临界值分别为 $6m^3/t$、$8m^3/t$ 和 $10m^3/t$。煤层瓦斯含量不仅决定着发生瓦斯突出的难易程度，而且还影响瓦斯突出强度，如江西乐平矿区的涌山煤矿煤层瓦斯含量为 $17.01m^3/t$，最大突出强度为 2200t/次；而该矿区的仙槎矿煤层瓦斯含量相对较小，瓦斯突出强度最大为 100t/次左右。

第二，煤体结构的破坏是一种地质构造破坏标志和发生瓦斯突出的必要条件，国内外不少研究者都把煤体结构的破坏程度作为预测瓦斯突出危险性的指标。并根据煤体宏观和微观结构特征，把构造煤划分成碎裂煤、碎粒煤、粉粒煤和糜棱煤 4 种类型。构造破坏煤常常发育在压性、压扭性或剪切构造发育区域内构造应力比较集中的地带，由于煤层物质组成和受力状态的不同，因而构造破坏煤呈夹层状或透镜状分布于煤层中的不同部位。在突出煤层构造破坏煤特别是碎粒煤、粉粒煤和糜棱煤的存在，决定了煤层是否具备发生瓦斯突出的物质条件。国内外大量观测研究表明，在瓦斯突出地点的煤层中都存在有煤质松软、层理紊乱、原生结构遭到严重破坏、呈层状或透镜状分布的软分层，所有的瓦斯突出都发生在构造破坏煤发育的地带之中。作者通过多年从瓦斯地质角度研究瓦斯突出煤体结构和通过探测煤体破坏结构进行瓦斯突出预测，把构造严重破坏并具有发生瓦斯突出的瓦斯能（即含有大量瓦斯）介质条件的煤体称作瓦斯突出煤体，把原生结构煤称作非突出煤体。瓦斯突出煤体从理论上是瓦斯突出各项参数的综合反映，反过来瓦斯突出参数也从本质上确定了瓦斯突出煤体的易突性。

瓦斯突出参数（ΔP、f 值）是通过煤矿井下采取煤样在实验室测定获得的相对指标，是目前国内外广泛采用的预测瓦斯突出的物理量，其值大小不仅能够客观地反映煤体强度和破坏程度，而且还能很好地体现发生瓦斯突出的气体介质条件。大量的试验考察结果表明，ΔP、f 值参数决定于煤体结构的宏观类型，二者之间的关系极为密切。尽管其绝对值随矿区不同而有所变化，但对于同一矿区、同一煤层来说，其数值特征主要取决于煤体的破坏程度。随着煤体破坏程度的升高，f 值减小，ΔP 值增加。

国内不少研究单位对煤的 f 值与煤体结构之间的关系进行了大量的研究，在生产实际中进行了广泛应用并取得了十分明显的安全效益和社会效益。煤炭科学研究总院抚顺分院提出突出煤的 f 值小于 0.52；湖南煤研所认为 f 值在 0.3～0.8 以下。由于煤质条件的差异，不同矿区瓦斯突出煤的 f 值具有不同的临界值。南桐矿区根据煤的 f 值把煤层分为非突出煤层（f 值>0.45）、一般突出煤层（$0.45>f$ 值>0.35）和严重突出煤层（f 值<0.35）。湖南一些矿井 f 值>0.75 时为难突出煤层；$0.75>f$ 值>0.45 时为可能突出煤层；f 值<0.45 时为易突出煤层。北票矿区当 f 值<0.8 时就极易发生瓦斯突出。中国部分特大型瓦斯突出矿井中，突出煤的 f 值很小，几乎都在 0.2 以下，见表 2—6。

表 2-6　中国部分特大型瓦斯突出矿井突出煤的 f 值

矿　井	f 值	矿　井	f 值	矿　井	f 值
军工庙	0.10～0.19	梅田余家寮	0.10	荥巩谷山	0.19
坦家冲	0.10～0.20	乐平涌山	0.11～0.20	北票台吉一矿	0.09～0.32
郴州三五	0.10	南桐东林	0.10～0.34	北票三宝	0.10～0.24
洪山殿蛇形山	0.12	涟邵金竹山	0.17	抚顺老虎台	0.10～0.20

ΔP 值作为评价瓦斯突出危险程度的重要的瓦斯突出参数受到了各主要瓦斯突出国家的普遍重视，同样也在科学研究和生产实际中得到了广泛的应用。部分瓦斯突出矿区瓦斯放散初速度测定结果见表 2-7。南桐鱼田堡的测定破坏煤的瓦斯放散初速度比原生结构煤增大 4 倍左右。

表 2-7　中国部分矿区瓦斯突出参数测定结果

序　号	采样地点	煤类型	f 值	ΔP 值
1	焦作矿区	突出煤	0.244	14.7
2	焦作矿区	非突出煤	1.674	8.42
3	白沙矿区	突出煤	0.171	12.9
4	白沙矿区	非突出煤	0.230	13.0
5	鹤壁矿区	突出煤	0.200	9.06
6	鹤壁矿区	非突出煤	0.451	7.35
7	平顶山矿区	突出煤	0.206	7.31
8	平顶山矿区	非突出煤	0.597	3.02

煤的比表面积是表征瓦斯突出煤体气固介质物理和化学吸附能力的指标。在一定的瓦斯压力条件下，煤的比表面积越大，煤对瓦斯气体的吸附能力越强，但当煤中的瓦斯压力部分解除后，煤的比表面积的大小又直接影响到煤的解吸瓦斯的能力。实验证明煤的比表面积与瓦斯解吸的速度和解吸量都存在着明显的线性关系。煤的比表面积的增大不仅增强了煤吸附瓦斯和放散瓦斯的能力，而且也增加了瓦斯突出的危险性。焦作工学院对鱼田堡煤矿煤的比表面积与煤体结构类型以及与瓦斯突出之间的关系进行了系统的研究。原生结构煤的比表面积小于或等于 $30m^2/g$；原生结构受到轻微破坏煤的比表面积为 $30\sim40m^2/g$；原生结构受到严重破坏的碎粒煤、粉粒煤和糜棱煤煤的比表面积大于 $40m^2/g$。见表 2-8，鱼田堡煤矿的瓦斯突出绝大部分都发生在煤的比表面积大于 $40m^2/g$ 的地带，因此该矿将煤的比表面积 $40m^2/g$ 作为瓦斯突出的临界值。除此之外，煤的比表面积对瓦斯突出强度也有一定的影响，如鱼田堡矿的 6 号煤层，煤的比表面积最大为 $22.00\sim44.23m^2/g$，为局部突出煤层，突出强度最大为 450t，平均突出强度为 41.3t；4 号煤层煤的比表面积最大为 $44.00\sim103m^2/g$，比 6 号煤层大 2～3 倍，最大突出强度为 8327.5t，平均突出强度为 208.2t。全国许多瓦斯突出矿井都有瓦斯突出危险性随着煤的比表面积的增大而增加的明显规律。表 2-9 中所列的是四川部分煤矿瓦斯突出与煤的比表面积的关系。

煤体结构的微观特征研究能够从更深层面刻画瓦斯突出煤层的煤体结构特征。碎粒煤、粉粒煤和糜棱煤，在扫描电子显微镜图像中，主要表现网格状结构、碎裂结构和蜂窝状或

表 2—8 鱼田堡煤矿煤的比表面积与煤体结构之间的关系

编 号	煤 体 结 构 特 征	f 值	比表面积
1	玻璃光泽、层理清晰、致密，手试呈 cm 级碎块	0.38	29.78
2	玻璃光泽、层理稍紊乱、微弯曲、有少量劈理，手试呈 cm 级碎块	0.34	31.26
3	光泽较暗淡、层理较紊乱，但层理劈理比较发育，揉皱明显	0.29	35.53
4	光泽暗淡、层理不清、劈理发育达 10 条/5cm，手试呈 mm 级碎块	0.25	39.35
5	光泽暗淡、变形强烈，为鳞片状煤或糜棱煤	0.20	40.42
6	突出空洞中的粉煤	0.17	43.51
7	玻璃光泽、层理清晰、致密，手试呈 cm 级碎块	0.36	30.24
8	玻璃光泽、层理较紊乱、镜煤条带稍有弯曲，有少量劈理发育	0.35	31.58
9	光泽暗淡、破碎严重，手试呈 mm 级碎块	0.26	38.35
10	光泽暗淡、鳞片状煤或糜棱煤	0.22	40.34

表 2—9 四川部分煤矿瓦斯突出与煤的比表面积的关系

矿 井	煤 层	突出危险程度	煤的比表面积 (m^2/g)	
			最 大 值	平 均 值
中梁山矿南井	k_1	严重	120.14	73.43
	k_2	非突出	50.68	47.76
	k_3	一般	51.69	48.89
	k_4	一般	75.18	70.59
	k_5	一般	56.4	52.32
	k_6	一般	67.17	51.89
	k_9	严重	72.52	67.56
	k_{10}	严重	87.69	74.06
天府矿区磨心坡煤矿	大连子	严重	90.31	59.45
	野炭	一般	40.07	31.00
	大独连	非突出	35.00	32.43
	小独连	非突出	38.00	31.20
	外石天平	非突出	34.00	
松藻矿区一矿	k_1	一般	100.48	78.15
	k_2	非突出	91.04	81.31
	k_3	严重	137.82	114.93

溶岩状结构。网格状结构普遍存在于碎粒煤、粉粒煤和糜棱煤中，从图像上观察，似经络状的网格状结构是由许许多多的白色或灰白色的长短不等、宽窄不同、弯弯曲曲并彼此交织在一起的网纹所构成，可作为从微观的角度评价瓦斯突出煤体结构的破坏程度的典型特征。碎裂结构又可分为显微角砾状结构、团粒状或鱼籽状结构和定向排列结构。显微角砾状结构的特点是由许多大小不等的、棱角明显或稍有磨圆的碎粒和夹杂在其间的更加小的粉末组成，它们是煤体脆性形变过程中颗粒之间相互搓揉的结果。团粒状或鱼籽状结构是煤体由大小不同的无数细小的似圆球形或团粒构成，其与显微角砾状结构十分相似，只是比角砾状颗粒更加圆滑。定向排列结构的特点是煤中破碎细小颗粒沿一定方向呈现似层状构造的平行排列，其中是构造破坏程度相对较小的煤体结构。蜂窝状或溶岩状结构是严重破坏煤体在高倍电子显微镜下所呈现的图像特征。煤体由大小不等、形态不规则、连通或孤立存在的许多蜂窝状空洞组成。构造破坏程度较高的煤体结构（粉粒煤和糜棱煤），在电

子显微镜下所表现出来的微观结构反映了构造破坏煤体的内部孔隙和内表面特征、储存和运移瓦斯条件、煤体强度性质以及发生煤与瓦斯突出的物理介质条件。

构造破坏煤的厚度也是影响瓦斯突出的重要地质因素。如果构造破坏煤的厚度较小，在0.1m或0.15m以下时，一般情况下，不管其它条件如何变化，矿井都不会发生瓦斯突出。因此，不少矿区都提出了以构造破坏煤的厚度作为预测瓦斯突出危险性的指标。如阳泉3号煤层发生瓦斯突出的构造煤厚度为0.45m，安阳龙山矿为0.1m。南桐矿区4号煤层的构造煤厚度1.6～2.0m，发生瓦斯突出次数占全矿区瓦斯突出总数的48.3%，平均突出强度为110t/次；5号煤层的构造煤厚度0.04～0.3m，发生瓦斯突出次数占全矿区瓦斯突出总数的23.6%，平均突出强度为31.6t/次；6号煤层的构造煤厚度0.1～0.4m，发生瓦斯突出次数占全矿区瓦斯突出总数的24.8%，平均突出强度为37.1t/次；在中国华南地区所发生的瓦斯突出大部分都与构造煤急剧变厚有关。

第三，构造应力相对集中的地带是瓦斯突出发生的主要位置。瓦斯地质研究表明，地质条件对瓦斯突出的分区分带具有明显的控制作用。特别是压性、压扭性构造与瓦斯突出息息相连。究其原因，一方面是这些构造有利于造成构造煤形成和发育；另一方面是在这些构造发育的地带构造应力比较集中，使煤层处于强压状态，从而有利于在煤层中赋存高压瓦斯。中国华南地区在地质历史演变过程中压性和压扭性构造作用时间较长，这无疑是瓦斯突出的频率和强度都比其它地区严重的重要原因。况且从现今的构造应力场来看，华南地区的地应力作用仍然比华北地区高。国家地震局地壳应力所测定的中国东部大陆地表100m以上的构造应力状态表明，华北地区平均水平主应力为3.3MPa，平均水平应力差为1.8MPa；而华南地区平均水平主应力为8MPa，平均水平应力差为4.8MPa。

在断裂构造中瓦斯突出主要与压性、压扭性断裂有关，有时断距只有几米甚至几分米的小型逆断层或平移断层就会导致强烈的瓦斯突出。这在我国华南地区的一些突出矿井中是很常见的。如天府矿区的刘家沟矿和磨心坡矿，如图2—3所示。广东的梅田矿区有70余次瓦斯突出与小型的压性和扭性断层有关。

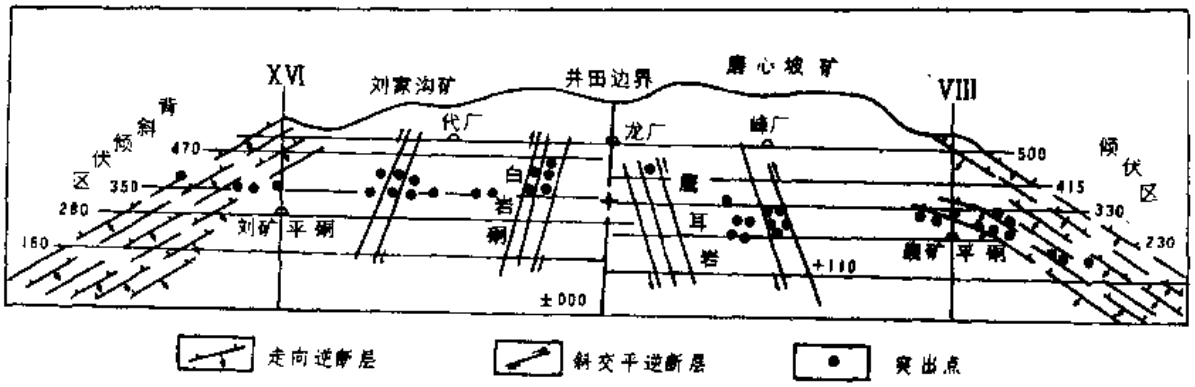


图2—3 天府背斜刘、磨两矿煤与瓦斯突出点与断层的关系

湖南的洪山殿蛇形山井有56次瓦斯突出，发生在断距小于5m的压性和压扭性断层附近。马田桐子山井南大巷在70m距离的掘进中，发现有4条小型逆断层，发生了5次瓦斯突出。六枝矿区NE向展布的梅子关背斜上发育的一系列NNE向的压扭性小断层控制着

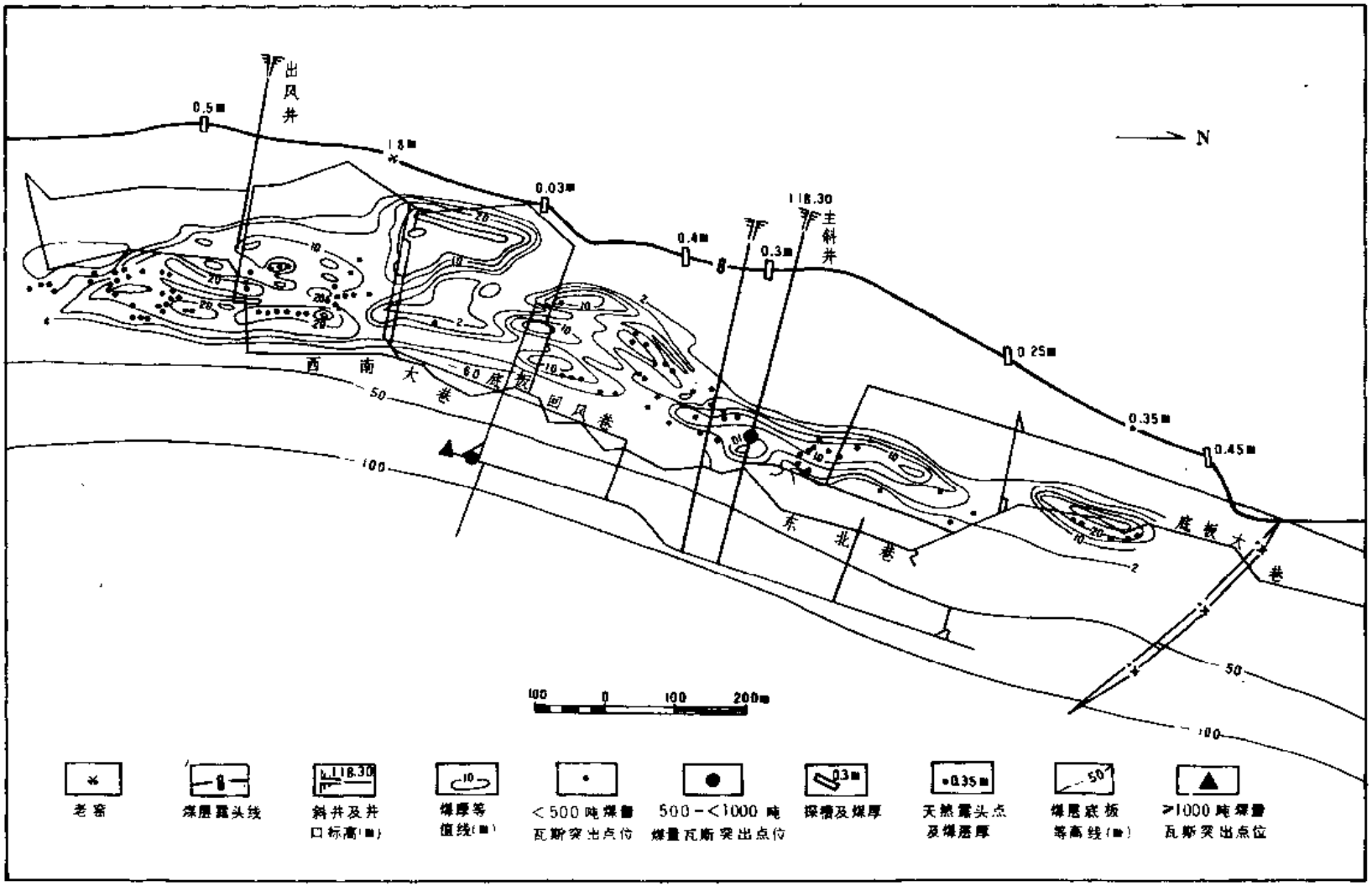


图 2—4　白沙矿区里王庙井六煤层厚度等值线及瓦斯突出点分布

（据湖南省煤研所）

该矿区的瓦斯突出分布。大用矿在这些小断层附近发生了数10次的瓦斯突出；四角田矿的中央采区在这些小断层附近发生过多次严重的瓦斯突出。天府矿区三汇一矿突出煤量达12780t和2807t的两次特大型瓦斯突出分别发生在华蓥山深断裂的次级断裂F_{14-1}逆断层的上盘和下盘；抚顺矿区的瓦斯突出也主要发生在抚顺—密山断裂的次级断裂F_1逆掩断层的下盘。在一些正断层部位发生的煤与瓦斯突出，多数是由于这些断层开始时是逆冲推覆断层，后来构造应力场改变，逆冲推覆变为重力滑脱，因而成为正断层。如太行山东麓的焦作、安阳、鹤壁等矿区的NNE向的正断层；平顶山矿区NNW向的正断层，在这些断层附近，构造煤比较发育。

瓦斯突出与褶皱构造之间的关系也是极其密切的。煤层在褶皱形成过程中，因韧性剪切、塑性流动而形成构造煤煤包附近，通常是发生严重瓦斯突出的部位，这种情况在中国华南地区的矿井中比较常见。如江西的新华煤矿为一褶皱构造，在向斜轴部形成的厚度较大的4个构造煤煤包是该矿发生瓦斯突出的重要地带。1961～1981年短短的20年间仅一号矿井就发生瓦斯突出103次，其中位于矿井东部的第2个构造煤煤包，厚度比较大，突出次数最多，占该矿井总突出次数的75%以上。在湖南白沙矿区也有类似的情况，如图2—4所示。在褶皱构造中，背斜构造的轴部及其附近，有利于瓦斯的积聚，易于发生瓦斯突出，如图2—5所示。当背斜的轴部及其附近张性断裂比较发育，或者当背斜的轴部受到侵蚀时，则该处成为煤层瓦斯排放的通道。这时在褶皱构造的翼部和向斜的轴部煤层的瓦斯含量就比较高，易于发生瓦斯突出。由于平行煤层及围岩层面方向的渗透性能远大于垂直层面方向，因而倾角比较平缓的褶皱一翼比倾角陡急一翼煤层瓦斯含量高，瓦斯突出危险性也就比较大。如广西的红茂煤田总体构造格局为一背斜构造，西翼的茂兰矿区距背斜轴部较远，压性和压扭性断层较发育，虽然瓦斯风化带很浅，仅有47m，但是矿井瓦斯涌出量为30～

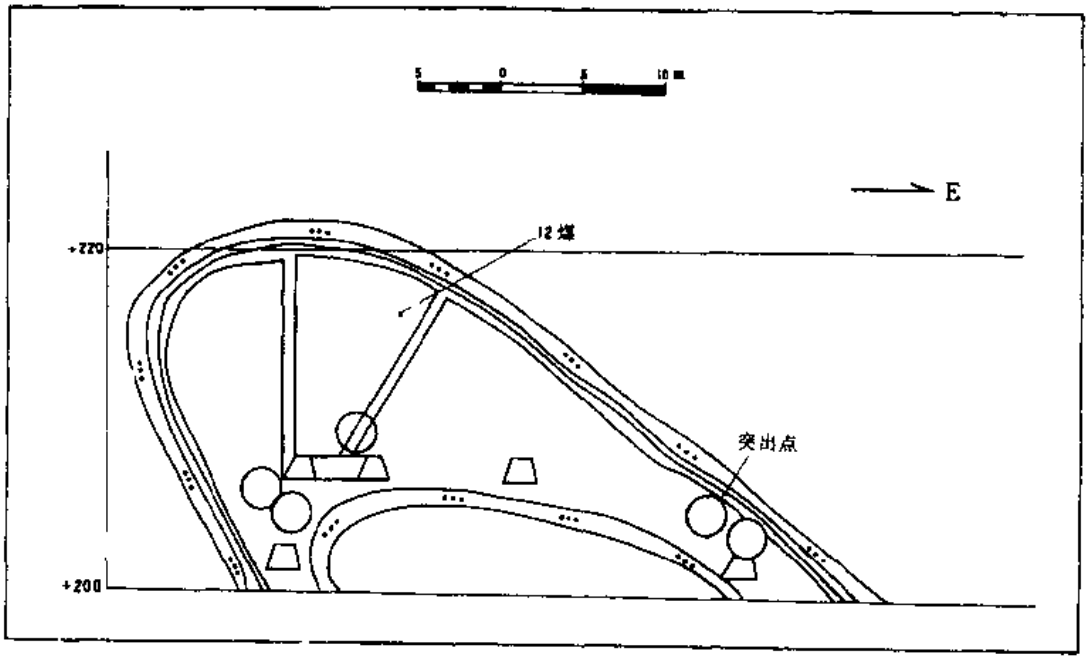


图2—5 梅田矿区余家寮一矿南五采区煤与瓦斯突出点的分布与断层引揳形成的背斜和构造煤煤包的关系

106m³/t，为高瓦斯和瓦斯突出矿井；而东翼的红山矿区距背斜轴部较近，张性断裂比较发育，尽管瓦斯风化带深达 125m 以上，但矿井瓦斯涌出量比较低，为低瓦斯矿井。又如阳泉矿区一矿总体为 NNE 向的大单斜构造，井田范围内以宽缓的短轴褶曲较为发育。矿井构造主要受三下山向斜及蒙村河背斜控制。3 号煤层瓦斯突出集中分布在三下山向斜区域及蒙村河背斜的西翼。据不完全统计，三下山向斜区发生瓦斯突出 1270 次，约占该矿井瓦斯突出总数的 93.45%；蒙村河背斜西翼突出 89 次，占 6.55%，在背斜核部没有发生瓦斯突出。瓦斯突出分布与褶皱构造之间的关系见表 2－10。从表上可以明显地看出，瓦斯突出多发生在远离褶曲轴部的区域。无论是背斜区或是向斜区，瓦斯突出多分布在次一级小背斜附近，小背斜处瓦斯突出占突出总次数的 63.57%，小向斜处瓦斯突出占 16.61%，小褶曲的翼部瓦斯突出占 19.82%。以上例子说明了褶皱构造对瓦斯突出的控制作用。

表 2－10　阳泉一矿 3 号煤层瓦斯突出与褶皱构造的关系

距离褶曲轴 (m)	三下山向斜		蒙村河背斜	
	突出次数	%	突出次数	%
50	88	6.93	0	0
50～100	106	8.35	0	0
100～150	102	8.03	0	0
150～300	166	13.07	0	0
＞300	808	63.62	89	100

经对湘、赣、豫三省区域瓦斯地质特征的研究，将瓦斯突出危险带划分为 7 种构造类型，如图 2－6 所示。值得注意的是在这 7 种瓦斯突出构造类型中，都有构造煤发育。因此，可以认为地质构造通过对煤体结构的控制来控制瓦斯突出分布，研究瓦斯突出的地质条件和瓦斯突出煤体结构特征是实现瓦斯突出预测的重要技术途径。从瓦斯突出的角度研究地质构造时，不仅要研究地质构造的性质和特征，而且应结合煤的岩石组成、物理化学性质、煤的原始结构特征和煤层及围岩的力学性质，从而查明不同地质条件下构造破坏煤的形成和分布特征，这样更有利于准确地进行瓦斯突出预测。

2.1.2.3　煤、岩与二氧化碳突出

在煤矿地下开采中，除存在煤与瓦斯突出动力现象外，在一些地区还存在着煤、岩与二氧化碳突出。澳大利亚、捷克、斯洛伐克、波兰和法国的萨文尼斯地区在这方面都有报道。我国自 1969 年以来先后在营城矿区的营城九井、营城五井、窑街矿区的三矿、吉林和龙煤矿的松下坪井 4 对矿井发生过煤、岩与二氧化碳突出。煤、岩与二氧化碳突出与煤和瓦斯突出属于同宗动力现象，地质条件同样对其具有影响，但和煤与瓦斯突出不同的是煤、岩与二氧化碳突出中的二氧化碳的来源问题。二氧化碳的来源主要与火成岩物质有关，这些火成岩物质可以促使气成二氧化碳与其同时进入到煤系中，置换煤中的甲烷气体。在澳大利亚的鲍温盆地和悉尼盆地的某些煤层中的甲烷几乎全部被二氧化碳所置换。一般认为二氧化碳的分子虽然大于甲烷，但是煤对二氧化碳的吸附量却比对甲烷的吸附量大 2～3 倍，而且二氧化碳从煤中的解吸速度也高于甲烷。因此，当煤中存在有大量的二氧化碳气体时，压力梯度就比较高，突出的猛烈程度高于甲烷。中国中、新生代以来岩浆活动比较剧烈，不少煤田和矿区都存在有一定程度的岩浆侵入。今后还会有一些矿井发生煤、岩与

二氧化碳突出动力现象，应引起足够重视。建议应用瓦斯地质基本理论和工作方法，对煤、岩与二氧化碳突出的原因和机理、二氧化碳的来源和分布规律、灾害预测和防治进行研究。

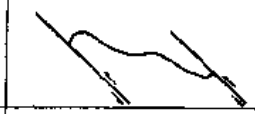
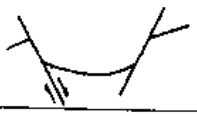
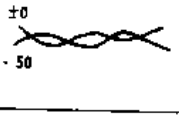
突出危险带地质构造类型	图式	典型矿井
压扭性逆断层带		立新矿蛇形山井 乌田矿桐子山艾和山井 梅田矿区一、二、四矿
紧闭褶皱发育地带		萍乡青山矿硬子槽 英岗岭矿建山井、枫林井
不协调褶皱发育地带		江西新华矿一井 湖南望王庙井、坦家冲井、金竹山矿一平硐
封闭断层之间的地垒式构造		焦作李封矿天官区
受扭曲的直立煤层		萍乡青山矿大槽 硬子槽 湖南两市塘矿区立新矿 咸沙坝井
具有波状起伏的单斜构造		湖南利民煤矿东翼、资江煤矿
透镜状煤包或薄煤带所包围的厚煤带		红卫矿望王庙井、坦家冲井、新华一井、梅田矿区

图 2－6　煤和瓦斯突出危险带地质构造类型图示

〈据焦作矿业学院瓦斯地质课题组〉

2.2　煤层瓦斯赋存的控制条件

如前所述，煤层瓦斯赋存量除取决于与煤层瓦斯生成条件相关的地质因素（含煤地层中煤层的发育程度及其有机质的丰度、有机质显微组分和类型、煤化程度等）外，还受控于与煤层瓦斯保存条件相关的地质构造、围岩、含煤地层在地史演化过程中的风化剥蚀程度、煤层的埋藏深度和地下水的作用等。

2.2.1　地质构造

地质构造是煤层瓦斯赋存的最为重要的控制条件。地质构造的性质和特征不同，对煤层瓦斯保存条件的影响程度也不同。当井田或矿区为一简单的向斜构造，或者仅在盆地的边缘向斜构造的翼部次一级褶皱构造较为发育时，由于顺煤层的渗透性一般高于垂直煤岩层方向的渗透性，特别是在煤层的上覆地层为厚层、渗透性较差的岩层时，煤层瓦斯的垂向运移和排放更加困难，主要是顺着向斜构造的翼部沿煤层向盆地的边缘运移。因而在盆

地的中部，与煤盆地的边缘和因褶皱构造比较发育而使含煤地层出露较广的盆地浅部地带相比，煤层瓦斯具有较好的保存条件。在褶皱构造普遍发育的煤田和矿区，如果背斜构造的轴部破坏严重，侵蚀强烈，背斜轴部附近煤层瓦斯的保存条件就比较差，煤层瓦斯主要积聚在距背斜轴较远的翼部和向斜构造的部位，例如阳泉矿区一、三矿高瓦斯区，主要分布在王兰坪向斜区域；如果背斜构造的轴部破坏微弱，保存条件完好时，背斜轴部常常是煤层瓦斯的主要积聚地带。此外背斜翼部倾斜的缓急对煤层瓦斯的保存程度也有影响。一般情况下倾角越小，煤层瓦斯的保存条件越好，煤层瓦斯含量和矿井开采时的瓦斯涌出量也就越大。例如四川的芙蓉矿区为一不对称的复式背斜构造，南翼倾角比较缓为6°～12°，如图2－7所示，煤层瓦斯含量较大，开采该翼煤层的白皎矿和芙蓉矿，瓦斯涌出量分别为70m³/t和30m³/t以上，为高瓦斯矿井；而背斜北翼倾角较陡，一般为35°～40°，煤层瓦斯的保存条件相对较差，开采该翼煤层的巡场和杉木树矿，矿井瓦斯涌出量分别为6m³/t和3m³/t，属于低瓦斯矿井。

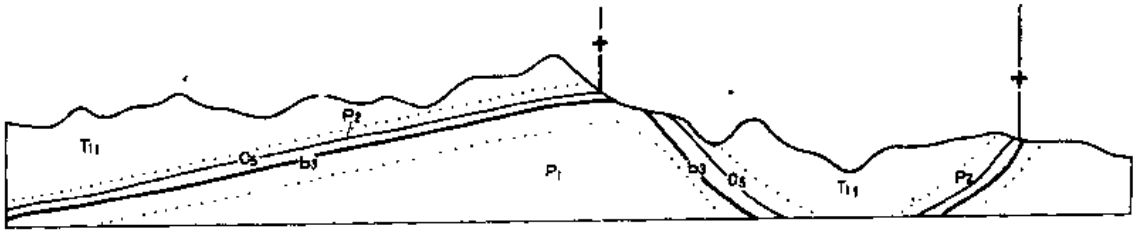


图2－7　四川芙蓉矿区地质构造示意图

煤田或矿区内的断裂构造对煤层瓦斯的保存条件同样具有重要的作用。特别是张性断裂和一些先期压性后转化为张性的断裂，对煤层瓦斯的保存极为不利。如开滦矿区的开平向斜的东翼，张性断裂比较发育，正断层约占该矿区断层总数的80%以上，与次一级压性构造比较发育的开平向斜的西翼相比，矿井瓦斯涌出量较低，一般都在5m³/t以下，为低瓦斯矿井。压性和压扭性断层比张性、张扭性断层保存瓦斯的条件要好。

2.2.2　围岩

在地质历史的演化过程中，煤层瓦斯是在不断的运移和排放的运动中。运移和排放的方式和速度与煤层围岩的性质有着密切的关系。在煤层围岩中的中、粗粒砂岩，砾岩和岩溶发育的石灰岩，孔隙度高，渗透性好，是煤系中的透气层。当煤层围岩中这些岩层发育时，有利于煤层瓦斯的运移和排放，煤层瓦斯含量较低。例如山西大同矿区，开采侏罗纪的煤层，煤层顶板为透气性良好的巨厚砂岩层，煤层瓦斯具有很好的排放条件，现生产矿井绝大部分都是低瓦斯矿井，矿井平均瓦斯涌出量为3.83m³/t。煤层围岩中的泥岩、砂质泥岩和胶结物以粘土矿物为主的粉砂岩，孔隙度低，透气性差，是煤系中的隔气层。当煤层围岩中这些岩层发育时，不利于煤层瓦斯的运移和排放，相反起着阻滞作用。例如抚顺矿区早第三纪煤层为一高瓦斯矿区，瓦斯涌出量一般都在20m³/t以上。抚顺矿区煤层的上覆岩层中有厚度约50～190m的油页岩和300～600m的钙质泥岩、泥灰岩，对瓦斯起到较强的封闭作用。阳泉矿区煤系中瓦斯的生、储、盖条件完善是该矿区以瓦斯大而著称的重要原因。结合矿区主采煤层层位，可将阳泉矿区的含煤地层划分为3个瓦斯储集层段。上储集层段为3号煤层及其上下邻近层，其上部的泥岩、砂质泥岩为盖层，3号煤层的瓦斯含

量为 18.17m³/t，瓦斯压力为 1.25MPa，开采过程中瓦斯涌出量大，为 31m³/t，并且瓦斯突出频繁发生；中储集层段包括 12 号煤及其上下邻近煤层和两层石灰岩，太原组顶部的厚层泥岩为中部储集层段的盖层，12 号煤层瓦斯含量为 14.75m³/t，瓦斯压力为 1.0MPa，煤层生成的瓦斯气体部分运移到 K_3、K_1 石灰岩的裂隙和溶洞内，常造成灰岩局部瓦斯富集。据不完全统计，迄今已在地质勘探钻孔、井筒开凿和巷道工程中发现灰岩瓦斯显现点 40 余处；下储集层段由 15 号煤层和 K_2 石灰岩构成，13 号煤层下部的中厚层泥岩为该储集层段的盖层，15 号煤层的瓦斯压力为 0.2MPa，瓦斯含量为 7.13m³/t，与上、中两个储集层段相比有明显的降低，K_2 灰岩未发现大量富集瓦斯现象。值得指出的是，位于下部的 15 号煤

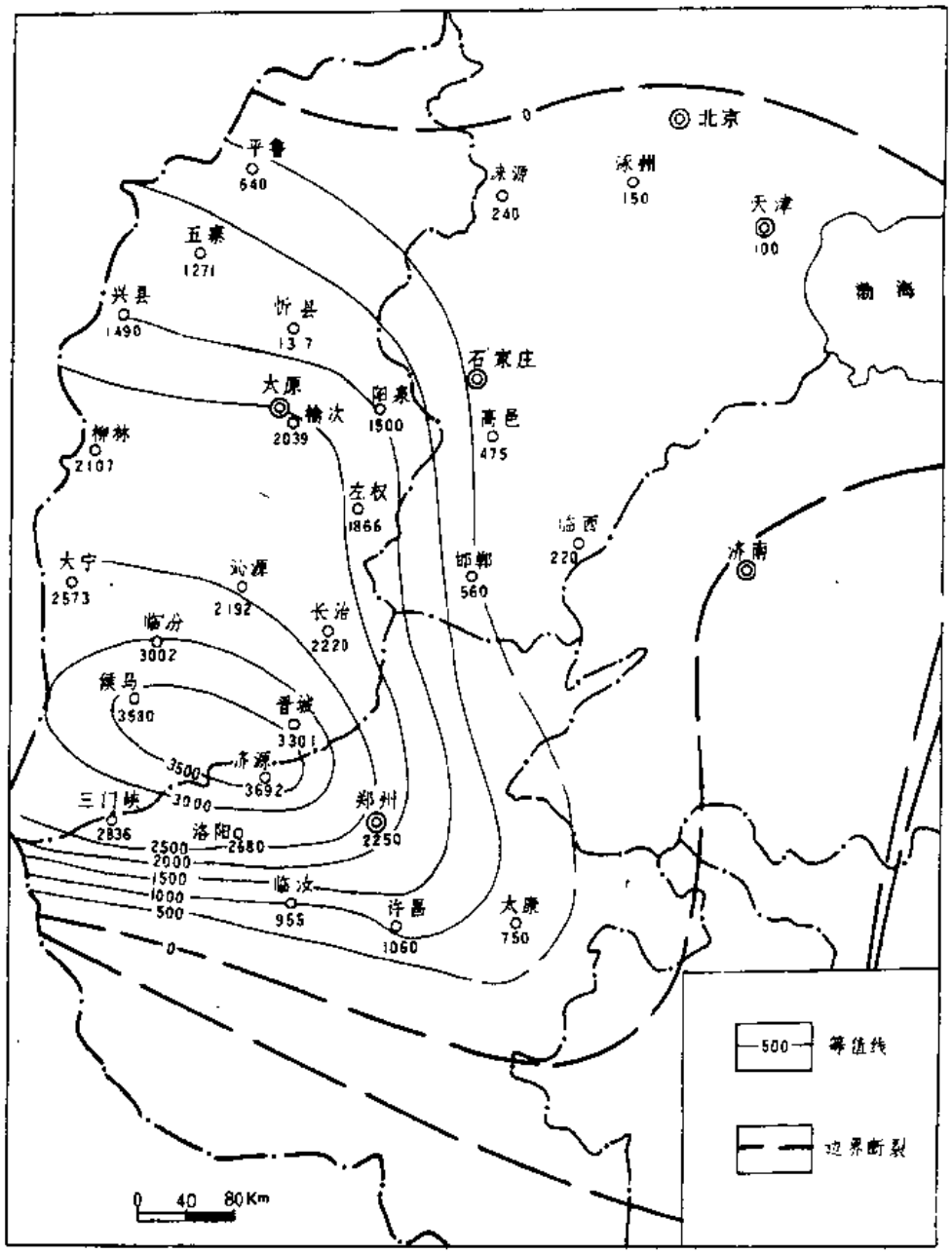


图 2—8　华北地区三叠系分布情况

（据杨起等）

层瓦斯比上部煤层小，这主要是由于15号煤在成煤过程中生成的瓦斯受到上覆地层阻隔后大部分运移到奥陶系灰岩古风化壳中，该区奥陶系石灰岩岩溶水比较发育，造成瓦斯部分溶解并被带走。因此，保留在煤层中和从煤层中运移出来储集于围岩中的瓦斯减少，15号煤层开采过程中的瓦斯涌出量也不大。

2.2.3 地史演化过程中的风化、剥蚀程度

含煤地层沉积后，后期抬升的幅度和剥蚀程度对煤层瓦斯的赋存也具有重要的影响。一般情况下，抬升的时期比较早，抬升的幅度比较大，风化剥蚀程度比较严重的地区，风化带比较发育，煤层瓦斯含量也就比较低，大部分地区都是低瓦斯区。例如鲁西地区和苏北一带，都是华北地区的低瓦斯区，煤层瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量都明显地低于相邻的淮南、豫西和豫北地区，在所研究的矿井中95%以上为低瓦斯矿井，矿井瓦斯涌出量都在$5m^3/t$以下。在地质历史演化过程中，含煤地层沉积后，大幅度的抬升，较强烈的风化剥蚀是鲁西地区和苏北一带煤层瓦斯含量偏低的主要原因。

华北地区三叠系的沉积中心大致在济源、侯马、铜川一线，其沉积边缘北部在山西和河北的北部一带，南部和东部约在平顶山以南和济南的西北附近，淮北、苏北和山东的大部分地区没有三叠系沉积，如图2—8所示。表明鲁淮断隆比华北其它地区抬升的较早，大约在二叠纪的晚期或者中生代的初期就开始抬升，使石炭二叠纪含煤地层受到了长期的风化剥蚀。鲁西、苏北大部分地区石炭二叠系厚度多在1000m以下或者500～600m，表明当时上升的幅度大，剥蚀强烈，从而使煤层瓦斯具有良好的排放条件，形成的瓦斯风化带不仅深度大，而且范围广，不少矿井开采的煤层都位于瓦斯风化带或邻近风化带，煤层瓦斯含量小，多为低瓦斯矿井。例如滕南、兖州、徐州矿区的一些矿井，在深达数百米的煤层内，煤层瓦斯的气体组分仍以氮气为主，见表2—11。

表2—11 鲁西南一些矿井的瓦斯成分

矿区	矿井	钻孔号	深度(m)	气体组分（%）			气体含量（ml/g·可燃基）		
				N_2	CH_4	CO_2	N_2	CH_4	CO_2
滕南	柴里	158	135.80	97.93	1.37	0.69	4.66	0.07	0.03
	付村	63—27	365.03	90.48	4.50	5.02	4.64	0.23	0.26
		64—54	506.38	80.71	2.88	16.41	7.26	0.26	0.55
	田陈	86	514.11	98.35	1.45	0.20	4.34	0.06	0.01
	蒋庄	77	304.04	99.17	0.66	0.17	5.75	0.04	0.01
		35	271.75	99.04	0.79	0.17	4.03	0.39	0.01
兖州	南屯			63.92	25.52	10.76			
徐州	坨城			65.72	19.86	14.42			

2.2.4 煤层的埋藏深度

由地表或煤层埋藏较浅的地带向较深的地带，大致可以依次划分为4个带，即二氧化碳—氮气带、氮气带、氮气—甲烷带和甲烷带。二氧化碳—氮气带中二氧化碳的含量大于20%；氮气带中氮气的含量大于80%，二氧化碳的含量小于20%；氮气—甲烷带中氮气和甲烷的含量都大于20%，二氧化碳的含量小于20%；甲烷带中甲烷含量大于80%，氮气含

量小于20%，二氧化碳含量小于10%。前三者合称为瓦斯风化带，组成气体的来源比较复杂，少部分为煤化作用的产物，大部分为空气成因和表生作用带化学和生物化学作用的气体产物；甲烷带的气体组成主要是煤化作用的产物，即煤层瓦斯。瓦斯风化带的深度与地质条件有关，不同矿区风化带的深度的差异也是很大的。如开滦矿区赵各庄矿煤层瓦斯风化带的深度达480m；湖南的红卫、马田、立新等矿区煤层瓦斯风化带的深度一般都在100m以内。

在煤层瓦斯风化带之下的甲烷带内，煤层的瓦斯压力、瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量与煤层的埋藏深度之间都存在着正相关关系，即随着煤层埋藏深度的增加而增加。这种现象在全国许多矿井中都是存在的，并常常在一定的深度范围之内变化比较明显。表2—12为六枝矿区煤层瓦斯压力和瓦斯含量与煤层埋藏深度的关系。从表上可以明显地看出瓦斯赋存与煤层埋藏深度之间的关系。我国多数矿井都根据各自开采和生产实践总结出了各自矿区的瓦斯梯度，在邻区或深部瓦斯预测中得到了应用。开滦赵各庄矿、焦作焦西矿、抚顺龙凤矿、辽源西安矿和阳泉矿区3号煤层的瓦斯梯度分别为29m/m³/t、15m/m³/t、10m/m³/t、8.2m/m³/t和27m/m³/t。

表2—12　六枝矿区煤层瓦斯压力瓦斯含量与煤层埋藏深度关系

开采水平	+40	−50	−150	−250
瓦斯压力（MPa）	1.00	1.63	2.33	3.03
瓦斯含量（m³/t）	13.34	15.04	16.32	17.26

阳泉矿区韩庄井田3号煤层埋藏深度为524～634m，瓦斯压力为2.37MPa，瓦斯含量为26.82m³/t，随着煤层埋藏深度的增加瓦斯压力增大，如图2—9所示。瓦斯压力与煤层埋藏深度之间存在着如下的线性关系

$$P=8.071\times10^{-3}H-2.153 \qquad (2-4)$$

式中　P——煤层瓦斯压力，MPa；

H——煤层的埋藏深度，m。

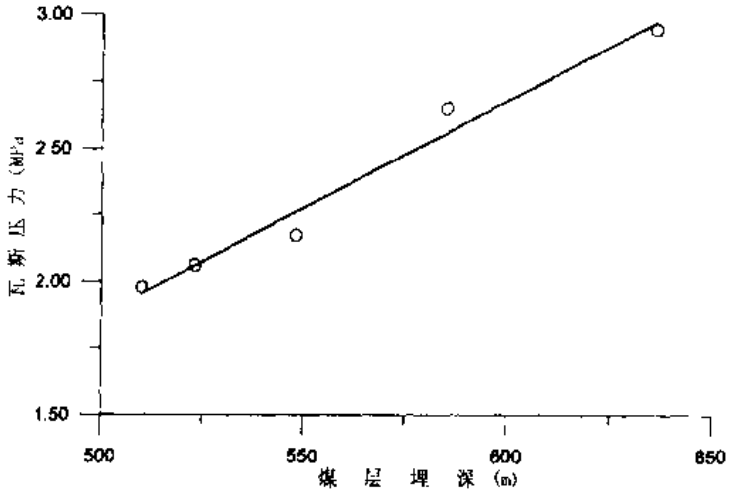


图2-9　韩庄井田瓦斯压力与煤层埋藏深度的关系

邢台煤矿30多年的开采实践表明，瓦斯涌出量和瓦斯含量随着煤层埋藏深度的增加而增大。同位于断层下盘的邢－2号测点和邢－4号测点，二者相比埋深相差33m，基岩厚度相差67m，煤层瓦斯含量后者大于前者0.53m³/t，后者为前者的2.1倍；同位于断层上盘的邢－3号测点和邢－5号测点，二者相比埋深相差28m，基岩厚度相差69m，煤层瓦斯含量后者大于前者1.66m³/t，后者为前者的1.9倍。

2.2.5 地下水的活动

在地下水活动比较强烈的地区，煤层瓦斯含量一般都比较小，矿井瓦斯涌出量也比较低；而地下水活动比较微弱的地区，煤层瓦斯含量一般都比较大，矿井瓦斯涌出量也比较高。例如湘中、南一带的晚二叠世龙潭组，在北纬27°40′以北地区，水文地质条件比较复杂，矿井涌水量在1000m³/h以上，矿井瓦斯涌出量比较低，13对省重点煤矿中有9对为低瓦斯矿井；在北纬27°40′以南地区，水文地质条件比较简单，矿井涌水量在100m³/h以下，矿井瓦斯涌出量比较高，大多数矿井为高瓦斯矿井。峰峰的羊渠河矿在开采山西组煤层时，涌水量比较小，矿井瓦斯涌出量为10m³/t；开采太原组煤层时，涌水量大，矿井瓦斯涌出量为2～3m³/t。地下水活动强弱对矿井瓦斯涌出量的影响，一是由于地下水活动与岩层的孔隙和裂隙有关，而孔隙和裂隙的发育不仅有利于地下水活动，也有利于煤层瓦斯的排放；二是地下水进入煤层中并吸附在各类孔隙的表面，影响煤对瓦斯的吸附能力和吸附量，使煤层瓦斯含量降低。

第三章　中国煤层瓦斯分布的基本特征

3.1　不同含煤地层的煤层瓦斯分布特征

煤层瓦斯赋存量的高低、煤层瓦斯涌出量的大小，主要取决于煤层瓦斯的生成条件和保存条件，这两个条件与不同时代的含煤地层有着密切的关系。不同时代的含煤地层，煤层的形成条件、厚度、煤质特征、有机质的丰度、类型、显微组分、煤化程度等，直接影响着煤层瓦斯的生成条件；含煤地层在地质历史发展、构造运动过程中的演化条件：沉积的时间，坳陷深度，盖层厚度，地层沉积的连续性和间断性，隆起、风化剥蚀的程度，含煤地层的厚度和岩性特征等等，直接影响到煤层瓦斯的保存条件。从含煤地层的形成时代及其条件上去研究煤层瓦斯的分布特征，主要是从时空上研究瓦斯分布规律。

中国的含煤地层主要有形成于晚古生代的石炭二叠纪含煤地层，中生代的晚三叠世含煤地层，早中侏罗世含煤地层，晚侏罗早白垩世含煤地层，第三纪含煤地层。

晚古生代是中国古板块稳定发展阶段，加上石炭二叠纪气候地理条件适宜、比较广泛的克拉通环境，在华北陆块和华南板块上20余个省（区）范围内沉积了石炭二叠纪含煤地层。尤其是华北陆块，此时是一个统一的盆地。石炭二叠纪煤炭资源总量（1988）22000亿t（图3—2、表3—1），占全国煤炭资源总量的35.48%。晚古生代的含煤地层在华北陆块主要为上石炭统太原组、下二叠统山西组和下石盒子组，以山西组煤层瓦斯生成和保存条件较好。太原组中含有8层灰岩，裂隙发育，并且含有较丰富的岩溶裂隙水，对于瓦斯运逸有利；华南地区主要有以测水组为代表的早石炭世、以梁山组为代表的早二叠世、以龙潭组、合山组、吴家坪组为代表的晚二叠世含煤地层，其中以测水组和龙潭组煤层瓦斯生成和保存条件最好，煤层瓦斯含量和涌出量都是居于中国诸含煤地层之首。也是中国煤与瓦斯突出最严重的含煤地层，共有150余对突出矿井，占全国诸含煤地层煤与瓦斯突出矿井总数的56%。梁山组和吴家坪组含煤性较差，合山组灰岩及裂隙岩溶水发育，煤层瓦斯生成、保存条件较差。晚古生代的煤层形成时间早，煤化程度高，主要为中高变质烟煤和无烟煤，瓦斯生成条件好。但在福建、粤东等地为超无烟煤，使得瓦斯大量释放，成为低瓦斯煤层。全国划分了88个瓦斯带，有37个高瓦斯带，有51个低瓦斯带，高瓦斯带中属于石炭二叠纪含煤地层的有19个，占总数的51.4%。分别是华北的通化—红阳、太行山东麓、阳泉—晋城、桌子山—贺兰山、宜洛—荥巩、临汝—平顶山—郑州、临涣—宿县、淮南—潘谢共为8个；华南陆块上有郴资—连曲、涟邵—兴贺、苏南—皖南—浙北、鄂东南—赣北、赣南—翁源、红茂—罗城—柳州、华蓥山—永荣、芙蓉—筠连、川南—黔北—滇东、六盘水、威宁—宣威—圭山共11个高瓦斯带（图3—1）。全国825对高瓦斯矿井，石炭二叠纪含煤地层有537对，占总数的65.1%。其中，华北131对，华南406对。全国274对煤与瓦斯突出矿井，石炭二叠纪含煤地层有207对，占全国总数的75.55%。其中，华北53对，华南154对。这里共发生煤与瓦斯突出7364次，占全国煤与瓦斯突出总数的70.4%。

晚三叠世含煤地层，主要分布在华南陆块的川、滇、赣、湘、粤等省；其次是鄂尔多斯盆地东北部，西藏昌都、羌塘和塔里木北缘，煤炭资源量百亿 t（图 3—2、表 3—1）。以四川盆地的须家河组、赣中萍乡—乐平煤田的安源组煤层瓦斯生成和保存条件比较好。晚三叠世煤层以中、高变质烟煤为主，煤层形成条件不如石炭二叠纪含煤地层。其中，共有 6 个高瓦斯带，全部分布在华南板块上，分别是龙门山、华蓥山--永荣、雅荣—乐威、荆当—秭归、萍乐—茶陵、广花—高要—阳春高瓦斯带（图 3—1）。有高瓦斯矿井 106 对，占全国高瓦斯矿井总数 12.8%。有煤与瓦斯突出矿井 27 对，占全国突出矿井总数的 9.85%。共发生煤与瓦斯突出 572 次。占全国突出总数 5.47%。

早中侏罗世含煤地层主要分布于西北地区的吐鲁番—哈密盆地、塔里木盆地北缘、准噶尔盆地和华北的鄂尔多斯盆地，其次是华北陆块北部的大同、京西、辽西北票等地。分布面积仅次于石炭二叠纪含煤地层，煤炭资源量共为 30000 亿 t（图 3—2、表 3—1），占全国煤炭资源总量的 48.39%。煤化程度，在华北陆块北缘的包头、下花园、北票等煤田主要为中、高变质烟煤；京西煤田为超无烟煤；在大同、鄂尔多斯和西北新疆地区以低变质烟煤为主。早中侏罗世含煤地层有 6 个高瓦斯带，分别是大青山—乌拉山、宣化—兴隆—承德、北票—柳江，这 3 个高瓦斯带均位于华北陆块北缘；另外 3 个高瓦斯带分别是靖远—宝积山、大通河中上游、准南高瓦斯带（图 3—1）。早中侏罗世含煤地层共有 58 对高瓦斯矿井，占全国高瓦斯矿井总数的 7%。有煤与瓦斯突出矿井 19 对，占全国突出矿井总数 6.9%；发生煤与瓦斯突出 1584 次，占全国突出总次数 15.14%。

晚侏罗早白垩世含煤地层，主要分布于东北地区的辽、吉、黑三省和内蒙古东部，多为分散而成群的小型含煤盆地，大大小小有上百个。煤炭资源总量有 8000 余亿 t（图 3—2、表 3—1），其中最大的为海拉尔—二连盆地群，煤炭资源量 2000 亿 t。煤化程度：内蒙古东部大兴安岭地区主要为低变质烟煤，以褐煤为主，瓦斯赋存量较低；松辽盆地及其附近地带主要为中变质烟煤，加上含煤地层中有大量的火山碎屑物质，封闭性能较好；黑龙江鸡西、双鸭山等煤田以中高变质烟煤为主，煤层瓦斯生成和保存条件都较好。晚侏罗早白垩世含煤地层有 5 个高瓦斯带，分别是黑龙江的三江—穆棱、吉林的营城—长春、蛟河—辽源、辽宁的铁岭—阜新和大兴安岭东侧高瓦斯带（图 3—1）。晚侏罗早白垩世煤层高瓦斯矿井有 108 对，占全国高瓦斯矿井的 13.1%，主要分布在以上 5 个高瓦斯带中；有煤与瓦斯突出矿井 17 对，占全国突出矿井总数 6.2%；共发生煤与瓦斯突出 926 次，占全国总突出次数的 8.85%。

第三纪含煤地层可分为早第三纪和晚第三纪，早第三纪含煤地层主要分布于中国东部滨太平洋沿海地区，少数隐伏于东海、南海水域之下；晚第三纪含煤地层主要分布在滇西、滇东和台湾地区。煤化程度，以褐煤为主，也有局部范围受岩浆热变质作用为低、中变质烟煤。早第三纪煤层在东北地区分布于敦化—密山断陷盆地中的抚顺、梅河口等煤田受岩浆热变质作用为长焰煤、气煤，煤层瓦斯含量较高。在台湾的晚第三纪石底组、木山组和南庄组煤层受岩浆热变质作用为低、中变质烟煤。在广东茂名、广西百色煤田，煤系中含有油气和油页岩，为高瓦斯矿井。第三纪煤层煤炭资源总量 200 亿 t（图 3—2、表 3—1），有 18 对高瓦斯矿井，占全国高瓦斯矿井的 2.2%；有煤与瓦斯突出矿井 4 对，共发生突出 17 次。上述这些数据均不包括台湾。

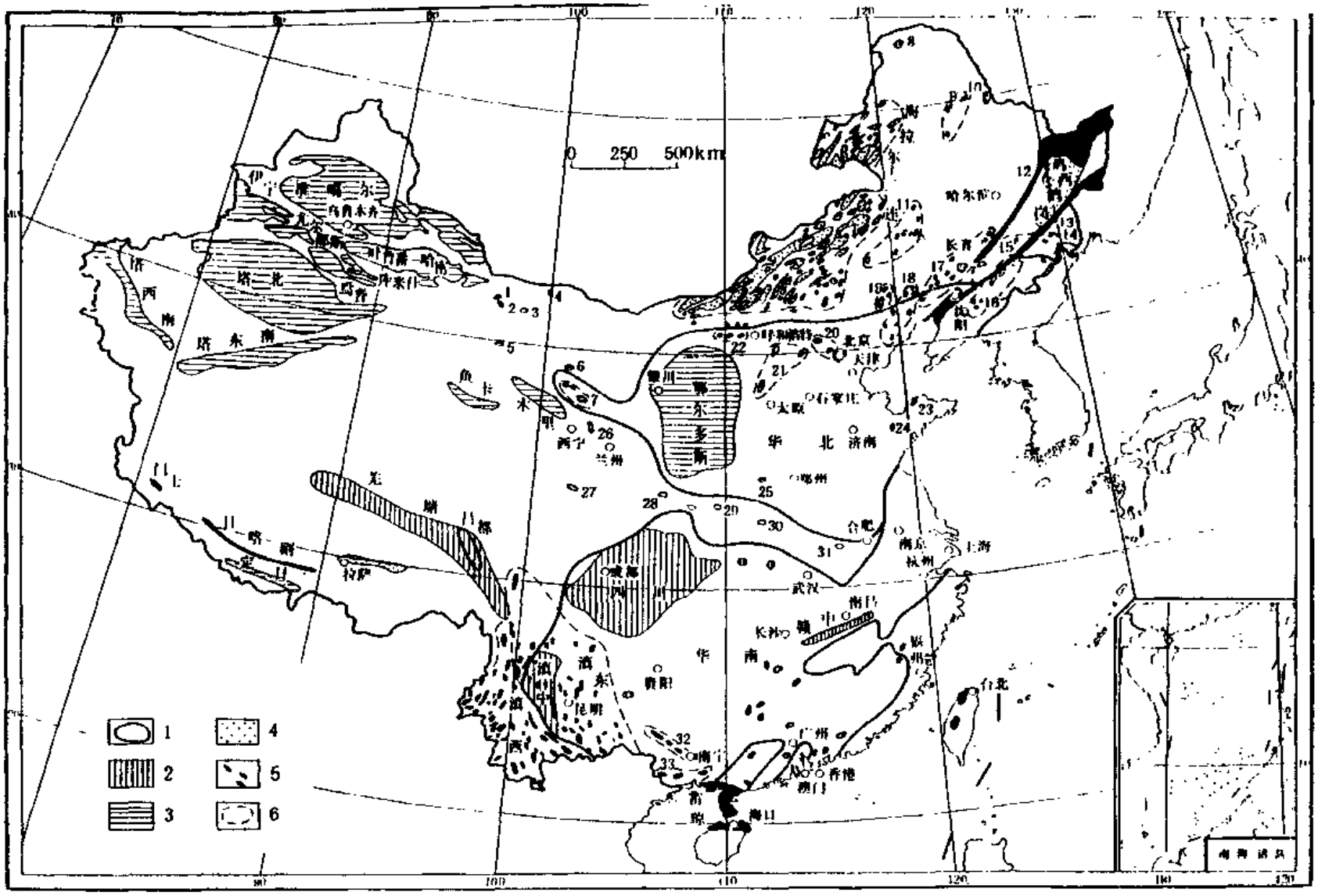


图 3—2 中国主要含煤盆地分布图

（引自中国煤炭资源总论/钱大都等编著，—北京：地质出版社，1996.8）

1--石炭二叠纪（华南以晚二叠世为主）；2—晚二叠世；3—侏罗纪（以早侏罗世为主）；4—白垩纪（以早白垩世为主）；5—第三纪；6—盆地群．盆地名称：1．吐路—驼马滩；2．马宗山；3．沙婆泉；4．希热哈达；5．旱峡；6．西大窑；7．河西走廊；8．鄂拉盆；9．大杨树；10．西岗子；11．大兴安岭；12．依兰—舒兰；13．抚顺—桦甸；14．辉春；15．长白山；16．田师傅—杉松岗；17．早新—营城；18．辽西；19．元宝山；20．京西；21．大同；22．大青山；23．黄县；24．坊子；25．义马；26．窑街；27．尕海；28．红花铺；29．二峪河；30．浙川；31．商丹；32．百色—南宁；33．十万大山（7、9、11、15、16、17、18、19、20、21、22、32、33、为盆地群）

表 3-1 中国主要含煤盆地、盆地群煤炭资源量

盆地 盆地群	面积 (10^4km^2)	聚煤 时代	预测资源量 (亿t)	资源总量 (亿t)	含煤密度 ($10^4t/km^2$)
全国			52287	62024	
华北	110	C, P	15023	18778	170.7
鄂尔多斯	20	J_2	13415	15924	796.2
准噶尔	15	J_{1-2}	8214	8328	555.2
伊宁、尤尔都斯					
焉耆、库车	2.4	J_{1-2}	5924	5952	
吐鲁番—哈密	5	J_{1-2}	4395	4580	916
华南	130	C, P	2596	3219	24.9
塔里木北缘	22	J_{1-2}	1352	1522	69.2
鸡西—鹤岗	7.2	J_3, K_1	141	277	38.5
木里-鱼卡	1	J_{1-2}	118	157	157
依兰—舒兰	6.3	E	60	67	10.6
四川	23	T_3	31	48	2.1
抚顺—铁岭	2.4	E	25	37	15.1
滇中	0.1	T_3	8	11	110
赣中	0.2	T_3	2	9	45
*海拉尔—二连	25	K_1	1300	2229	
*十万大山、百色—南宁、雷琼	4.2	E, N	14	55	
*阜新-营城	4.2	K_1	30	53	
*辽西	3.2	J_{1-2}	8	13	
*大兴安岭	4.8	J_{1-2}	4	6	
*长白山	8	J_3, K_1	2	5	

*煤盆地群为展布面积。

3.2 煤层瓦斯分布的区域构造控制

煤层瓦斯的区域分布，主要指从横向空间研究煤层瓦斯形成和分布规律，研究区域地质及大地构造演化历史对煤层瓦斯赋存量大小、赋存状态、矿井瓦斯涌出和煤与瓦斯突出灾害现象分布规律的控制。

3.2.1 区域大地构造单元的稳定性和活动性对含煤地层的控制

华北陆块是中国大陆古板块中最稳定、范围最大的陆块，石炭二叠纪聚煤时期是一个统一的大盆，在华北晋、冀、鲁、豫、宁、陕、甘、内蒙古、辽宁及苏、皖十余个省（区）内发育了我国最为重要的含煤地层，煤层瓦斯资源极为丰富。

华南板块虽然没有华北陆块范围大，但是在古板块发展时期，石炭纪、二叠纪聚煤盆地坳陷幅度大，时间长，隆起的晚。在四川盆地等地又连续沉积了三叠纪及其以上的地层，盖层厚度大，深成煤化作用强，煤层瓦斯的生成条件和保存条件极为优越。

在天山—兴安活动带（褶皱区）的吐鲁番—哈密、准噶尔等山间盆地里和塔里木盆地等堆积了丰富的早中侏罗世含煤地层；在该褶皱区，大兴安岭褶皱带的山间盆地和松嫩—佳木斯微陆块中的坳陷盆地，堆积了晚侏罗早白垩世含煤地层。

3.2.2 区域大地构造单元的运动学、地球动力学特征及地质构造演化历史对煤层瓦斯

的生成、保存和煤与瓦斯突出的控制

3.2.2.1 华北地区

(1) 华北陆块北缘隆起带（内蒙古地轴），以陆块北缘断裂为界，毗邻于赤峰活动带，受控于西伯利亚板块的碰撞挤压作用，构造上以挤压、褶皱、逆冲推覆造山活动为主；印支—燕山期岩浆活动剧烈。由于煤化程度高，煤层变形破坏强烈，因此这是一个高瓦斯区。由西至东，包头、下花园、北票、红阳、本溪、通化都是高瓦斯突出矿区。其中，北票矿区发生煤与瓦斯突出1500余次。

(2) 华北陆块南缘，从豫西煤田到淮南煤田，受东秦岭强变形带和大别山强变形带以及陆块南缘断裂带的控制。东秦岭变形带包括北秦岭、南秦岭和华北陆块上的小秦岭及扬子陆块上的大巴山，长500km，南北宽350km，涉及鄂、豫、陕三个省。这是一个华北陆块与华南板块从晋宁期就开始汇聚；加里东期、华力西—印支期华南板块俯冲、华北陆块推覆隆升；燕山--喜马拉雅期中国南部大陆整体向北移动，从而触发陆—陆俯冲、陆内堆叠。这是一个华力西—印支期变形和燕山—喜马拉雅期在统一动力学背景下连续的陆内变形过程，形成了近东西向展布的滑脱、推覆、走滑和隆升的强烈变形带（图3—3）。在豫西煤田，从小秦岭向南至北秦岭，为一系列平行排列的近东西向展布的逆冲推覆、滑脱构造，煤层挤压断裂破坏强烈；构造煤发育，厚者1.5m左右；平顶山矿区每平方公里200～300条断层。这是一个挤压变形带控制的豫西煤田高瓦斯区。其中，平顶山、宜洛、荥巩、偃龙都是高瓦斯突出矿区。大别山变形带与东秦岭变形带地球动力学作用相一致，淮南煤田受控于该变形带，为近东西向平行排列的逆冲推覆和褶皱构造，这是一个高瓦斯突出矿区。

(3) 华北陆块的主体，印支运动之前是一个近东西展布的大盆。印支运动之后，燕山早、中期受太平洋板块沿NWW向多次俯冲作用，出现了太行山、胶辽、鄂尔多斯西缘逆冲推覆、造山隆起带，和一系列NNE向的压扭性断裂、褶皱，如焦作、安阳、鹤壁等矿区构造；同时出现了鄂尔多斯、下辽河—华北盆地坳陷带。上述三个挤压隆起带分别控制了鄂尔多斯西缘、太行山东麓、阳泉--晋城、通化—红阳几个高瓦斯带，并且均具有严重的煤与瓦斯突出危险。

晚白垩世至早第三纪，新特提斯洋即将封闭，挤压达到极限，在欧亚大陆的阻隔之下，这种挤压由南向北改变为向东，使得中国东部大陆向洋蠕散，加上造山后陆块发生松弛及造山带向沿海迁移后引起的后缘扩张作用，华北陆块以裂陷活动为主，形成了下辽河—渤海—华北裂陷盆地、汾渭裂陷盆地等，煤层瓦斯大量释放，为低瓦斯带。参见图1-8。

(4) 华北陆块是中国最古老、最坚实、最稳定的陆块，石炭二叠纪煤层形成过程中，因为陆块的主体稳定，所以在山西沁水盆地等，煤层瓦斯生成和保存条件优越，瓦斯赋存量较高；但断层又少，每平方公里2～3条，煤层破坏轻微，构造煤不发育，煤与瓦斯突出只在异常地带具有危险性。

3.2.2.2 华南地区

组成华南板块的扬子、华夏、印支等古陆块克拉通规模较小，固结程度偏低，活动性较大，以及多期次裂谷、造山作用和多期次岩浆活动，构成了华南地质发展的显著特色。

(1) 华力西期，华南板块大部分地区以伸展沉陷为特征，多期次海侵、海退，多期次聚煤。在华南川、滇、黔、桂、湘、鄂、粤、赣、闽、浙、苏、皖十几个省（区）广泛地形成了早石炭世、早二叠世早期、早二叠世晚期、晚二叠世早期和晚期的含煤沉积。但聚

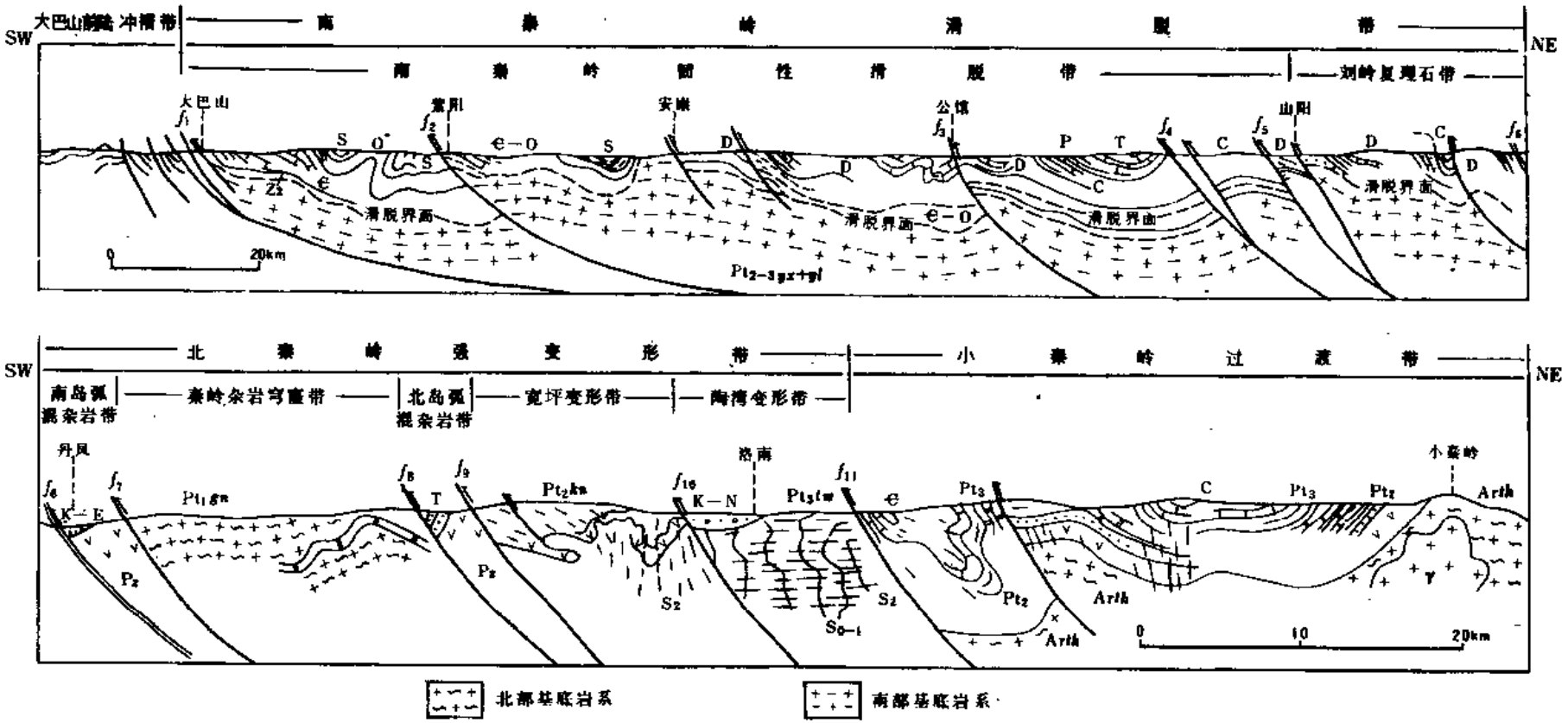


图 3—3　东秦岭综合构造变形示意剖面

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，—北京：地质出版社，1994.9）

Ar *th* 太华群；Pt_3tw 陶湾群；Pt_2kn 宽坪群；Pt_1gn 秦岭岩群；Pt_2 、$yx+yl$ 鄢西群、跃岭河群未分；Z_2 震旦系上统；Pz 以下古生界为主的变质岛弧混杂岩；γ 花岗岩；S_{0-1} 层理及第一期劈理；S_2 第二期劈理；f_1 大巴山断裂；f_2 红椿坝断裂；f_3 公馆断裂；f_4 板岩镇断裂；f_5 镇安—大坪断裂；f_6 南岛弧混杂岩带南边界（商—丹）断裂；f_7 南岛弧混杂岩带北界断裂；f_8 北岛弧混杂岩带南边界断裂；f_9 北岛弧混杂岩带北边界断裂；f_{10} 铁炉子—黑沟断裂；f_{11} 洛南栾川断裂；其他不同时代地层采用通用地层代号，如 S、D、C 等

煤条件远不如华北陆块，含煤盆地范围小、多而分散，成煤条件差，煤层厚度不稳定。石炭纪和二叠纪煤炭资源总量3249亿t(1988)，仅是华北煤田石炭二叠纪煤炭资源总量的1/6。但由于坳陷幅度深、隆起的晚，煤化程度比华北煤田高，无烟煤资源总量占一半以上。其中的早石炭世测水组和晚二叠世龙潭组以海陆交替相沉积为主、发育条件好，是华南地区最主要的煤层，分布范围最广。在湘中、湘南、粤北地区测水组和龙潭组连续沉积形成了那里的高瓦斯含量、高瓦斯涌出量并造成了严重的煤与瓦斯突出；龙潭组在上述十余个省中几乎每省都有分布，但在广西称为合山组，在闽西称为翠屏山组。凡是有以龙潭组煤层为主的矿区，几乎都是高瓦斯突出矿区，尤其是川南、川东、滇东、黔西一带，龙潭组煤炭资源量占华南地区石炭二叠纪煤炭资源总量的60%以上。由于坳陷深，盖层厚，上覆连续沉积了三叠系及其以上的地层，煤层瓦斯生成和保存条件居于中国各煤田之首，蕴藏着中国最为丰富的煤层气资源；煤层瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量都是中国最高的；煤与瓦斯突出严重，50%以上矿井都具有突出危险。但是分布于鄂东南蒲圻等地的梁山组，分布于湘西、黔东等地的吴家坪组，分布于桂北、桂中等地的合山组都是以浅海碳酸盐岩相沉积为主的含煤地层，煤层瓦斯生成和保存条件较差，为低瓦斯分布区。分布于福建省的早二叠世晚期童子岩组和晚二叠世早期翠屏山组超高变质无烟煤，瓦斯大量逸散。

(2) 印支期，华南板块西南部裂陷活动加剧，形成了右江裂陷带，海水从西南方向入侵，华南板块在古隆起之间发生了短暂的海侵。中三叠世末发生的印支运动在华南地区表现强烈，最先是由大陆东南部向北西挤压，在华夏古陆与江南古陆之间从浙西、乐平—萍乡、湘中、湘南、粤北至桂东，形成了大型的S型反S型褶皱带，即湘桂褶皱带，伴有断面向南东倾斜的叠瓦式冲断和多层次滑脱；武陵山脉为指向四川前陆盆地的逆冲褶皱带；由于印支陆块的汇聚作用，因而右江海槽闭合。晚三叠世在粤北、湘南和赣中萍乡—乐平残留海湾地带分别堆积了粤北良口群、湘南出炭垅、赣中安源组含煤地层。以安源组含煤性最好、煤炭资源量9亿t (1988)，为中高变质烟煤；它位于逆冲推覆构造带，煤层瓦斯赋存条件好，煤与瓦斯突出严重。在四川盆地西侧，藏滇板块与华南板块沿西缘对接，龙门山受到侧压，自西北向东南逆冲推覆。四川盆地分别是东、西两侧逆冲推覆造山带的前陆盆地，晚三叠世广泛沉积了湖相的须家河组含煤地层，是中国南方最重要的晚三叠世含煤地层，煤炭资源总量481.2亿t (1988)，主要为中、高变质烟煤，煤层瓦斯生成、保存条件优越，蕴藏着丰富的煤层气和油气资源。这是一个以挤压作用为主的高瓦斯区，并具有煤与瓦斯突出危险。

(3) 整个华南板块北面受塔里木—华北板块挤压，西面受特提斯构造域侧挤，南面受印支陆块的推挤，东面受太平洋板块的多次俯冲作用，从印支期、经燕山期至喜马拉雅期，连续的挤压变形，多期造山，多期岩浆活动，又华南板块比较年轻，基底固结时间比较短，华南板块深层构造也比华北陆块复杂的多。华南有龙门山、武陵山、萍乡—郴州、东南沿海和台湾等5条NNE—SN向深层构造带；有20余条深断裂带，既有NE，NNE向，也有NW向的；既有EW向，也有SN向的，反映了四周板块共同作用的结果。长期以来，作为古亚洲、特提斯、古华夏三大构造域聚合点的上扬子古陆核，被压缩成一个菱块状的前陆盆地。在华南板块上有多条大型逆冲推覆构造，几乎遍布全区。华南地区由西北向东南依次有龙门山—箐河，川东华蓥山，雪峰山，浙西—乐平—萍乡—湘桂大型逆冲推覆构造带；在皖南、苏南下扬子地区分布着一系列由郯庐断裂左行扭动控制的大型逆冲推覆构造带，向

西连接华南板块北缘逆冲推覆构造带，构成著名的淮阳弧。这些推覆带都控制了那里的煤层瓦斯为高瓦斯涌出和煤与瓦斯突出危险带。在川南、黔西、滇东至桂北一带，东、西两侧分别是特提斯构造域和古华夏构造域的对挤，南面是印支陆块向北推挤，北面受上扬子陆块制约，形成了SN向、近EW向、NE向、NNE向复杂干扰和叠加构造，这是一个以挤压为主控制的高瓦斯区。其中的黔西六枝、水城、盘江、林东，滇东恩洪，桂北红茂等矿区都是煤与瓦斯突出矿区。

3.2.2.3 东北地区

辽、吉、黑三省和内蒙古东部，古板块发展时期属于古亚洲构造域的天山—兴安活动带；现代板块活动时期又属于滨太平洋构造域。在断陷盆地里广泛地沉积了晚侏罗—早白垩世煤层；在地堑裂陷盆地里堆积了早第三纪煤层。瓦斯分布以大兴安岭为界可以分成西侧为内蒙古东部大兴安岭低瓦斯区，煤层埋藏浅、盖层薄、煤化程度低；东侧，从松辽坳陷到鸡西、双鸭山、鹤岗和延边和龙，岩浆活动剧烈频繁，煤化程度高，加之郯庐断裂的分支敦化—密山断裂大规模左行推覆，张广才岭、长白山均属于燕山期的挤压、隆起带（新华夏系第三隆起带）。这是一个以挤压作用为主的高瓦斯区，其中的阜新、辽源、抚顺、长春、鸡西、双鸭山等矿区都是高瓦斯突出矿区，鹤岗有2个低瓦斯矿井发生突出，延边和龙矿区与营城矿区是煤、岩与二氧化碳突出矿区（图3—1）。

3.2.2.4 西部地区

中国的西部地区，包括川滇青藏地区和西北地区，从印支期至喜马拉雅期，一直是以印度板块由南至北推挤、西伯利亚板块对挤为特征，青藏高原持续隆升，喜马拉雅及其它一系列山系形成了山链与盆地相间排列的挤压型盆岭构造，伴有一系列逆冲推覆与大型走滑断裂，逆冲推覆构造带由盆地周边指向盆地中心，并以走向东西向展布为主要特征。参见图1—9。这些挤压推覆构造带对煤层瓦斯保存极为有利。中国西北地区大面积的早中侏罗世煤层，目前都在浅部瓦斯风化带中开采，多为低、中变质烟煤，90%以上的矿井都属于低瓦斯矿井。但到了深部进入瓦斯带，高瓦斯矿井会迅速增加，并且很有可能具有煤与瓦斯突出危险性。在西北地区的塔里木、准噶尔等含煤盆地蕴藏着丰富的煤层气和油气资源。

3.3 中国煤层瓦斯区域分布规律

总观中国煤层瓦斯的形成和分布规律，可以概括为，以煤层瓦斯生成条件和保存条件为基础的高瓦斯赋存量和高瓦斯涌出量，构成了高瓦斯区、高瓦斯带、高瓦斯煤田（矿区）、高瓦斯矿井；建立在高瓦斯赋存量基础上的以构造挤压、逆冲推覆作用为主，使得煤层结构、构造破坏，发生强烈的韧塑性变形而形成一定厚度的构造煤，在矿井开采时，会引起煤与瓦斯突出的危险。因此，中国煤层瓦斯区域分布规律的研究可以分为：煤层瓦斯赋存和矿井瓦斯涌出量的区域分布研究；煤与瓦斯突出危险性区域分布的研究。

3.3.1 煤层瓦斯赋存和矿井瓦斯涌出量的区域分布规律

3.3.1.1 煤层高瓦斯赋存、高瓦斯涌出量区域分布规律

(1) 以深成煤化作用为主的中、高变质烟煤、无烟煤带，地层连续沉积的坳陷带，控制了煤层高瓦斯赋存、高瓦斯涌出量分布区、分布带。属于这种类型的分别有山西的沁水盆

地石炭二叠纪煤层；鄂尔多斯盆地东缘石炭二叠纪煤层；东北松嫩盆地晚侏罗早白垩世煤层；四川盆地龙潭组和须家河组煤层；川南、黔西（六盘水等地）滇东龙潭组煤层；湘中、湘南测水组和龙潭组煤层。

（2）以深成煤化作用为主的中、高变质烟煤、无烟煤带，构造上以挤压作用为主，控制了煤层高瓦斯赋存，高瓦斯涌出量分布带。属于这种类型的分别有太行山东麓山西组煤层，如焦作、鹤壁、安阳等煤田，阳泉煤田也属于此类；豫西平顶山、宜洛、荥巩等煤田的山西组、下石盒子组煤层；淮南煤田二叠纪煤层等。

（3）以岩浆热变质煤化作用为主的中、高变质烟煤、无烟煤（超高变质无烟煤除外），构造上以挤压、褶皱、逆冲推覆为主，控制了煤层高瓦斯赋存、高瓦斯涌出量分布带。属于这种类型的分别有华北陆块北缘隆起带早中侏罗世煤层，由西至东，包头、下花园、北票等矿区；东北地区鸡西、双鸭山等煤田晚侏罗早白垩世煤层；华南地区萍乡—乐平一带的安源组煤层；粤北南岭等矿区的艮口群煤层。

（4）以含有多层油页岩为特征的早第三纪煤层中的高瓦斯煤田，分别有东北地区抚顺、梅河口早第三纪煤层；华南地区茂名煤田早第三纪煤层。

（5）以含有油气涌出为特征的高瓦斯矿区，鄂尔多斯盆地南部焦坪等矿区早中侏罗世煤层；百色煤田早第三纪煤层。

3.3.1.2　煤层低瓦斯赋存、低瓦斯涌出量区域分布规律

（1）以强风化剥蚀作用为主控制的煤层低瓦斯赋存、低瓦斯涌出量分布区、分布带。属于这种类型的分别有鲁淮断隆控制的山东、苏北石炭二叠纪煤层低瓦斯分布区。石炭二叠纪煤层形成后，隆起的早、隆起的时间长，瓦斯大量释放；东北大兴安岭隆起带晚侏罗早白垩世煤层，煤层形成不久大兴安岭隆起，煤化程度低，距地表浅；我国西北地区早中侏罗世煤层，大范围的低瓦斯涌出矿井，也与中新生代以来受印度板块快速北进，青藏及其一系列山系隆起引起的煤层距地表浅、遭受强风化剥蚀作用有关。华北陆块靠近北缘隆起带的石炭二叠纪煤层，如内蒙古准格尔等煤田也属于此类型。

（2）以拉张活动为主控制的煤层低瓦斯赋存，低瓦斯涌出量分布区、分布带。属于这种类型的分别有下辽河—华北盆地石炭二叠纪煤层；汾渭盆地石炭二叠纪煤层等。

（3）以浅海碳酸盐岩相沉积为主的石炭二叠纪煤层，岩溶裂隙发育，煤层瓦斯大量逸散，控制了煤层的低瓦斯赋存和低瓦斯涌出。属于这种类型的最典型的有：广西合山等煤田的合山组煤层；黔东、湘西、鄂西南等地的吴家坪组煤层；华北地区太原组煤层。

（4）超高变质无烟煤低瓦斯带。属于这种类型的分别有华北地区京西煤田；华南地区闽西、粤东等地的超无烟煤。

（5）晚第三纪、早第三纪褐煤低瓦斯赋存、低瓦斯涌出量分布带。属于这种类型的有滇西晚第三纪褐煤；广西南宁、扶绥、明江等地早第三纪褐煤；东北地区沈北等煤田早第三纪褐煤，依兰煤田早第三纪长焰煤等。

3.3.2　煤与瓦斯突出的区域分布规律

3.3.2.1　深层构造陡变带是影响煤与瓦斯突出的敏感地带

中国的深层构造呈 EW 向和 SN－NNE 向分带，以 SN－NNE 向带最为显著。贺兰山－龙门山南北向陡变带上分布着石嘴山、龙门山、雅荣、渡口等高瓦斯突出矿区，共有 11 对高突矿井；太行山—武陵山 NNE 向陡变带，分布着南桐、松藻、焦作、鹤壁、安阳等高

瓦斯突出矿区，共有30余对高突矿井。近东西向的陡变带：天山－赤峰陡变带上分布有包头、下花园、北票等高瓦斯突出矿区，共有10余对高突矿井；华南地区的萍乡－郴州也是一个深层构造带，分布有萍乡、乐平、英岗岭、丰城、白沙、梅田、南岭等高瓦斯突出矿区，共有70余对高突矿井，共发生突出2000余次。深层构造陡变带也是中、新生代以来构造活动最为强烈的地带，也是陆内造山带，有着特殊的地球物理场（图3－4）。

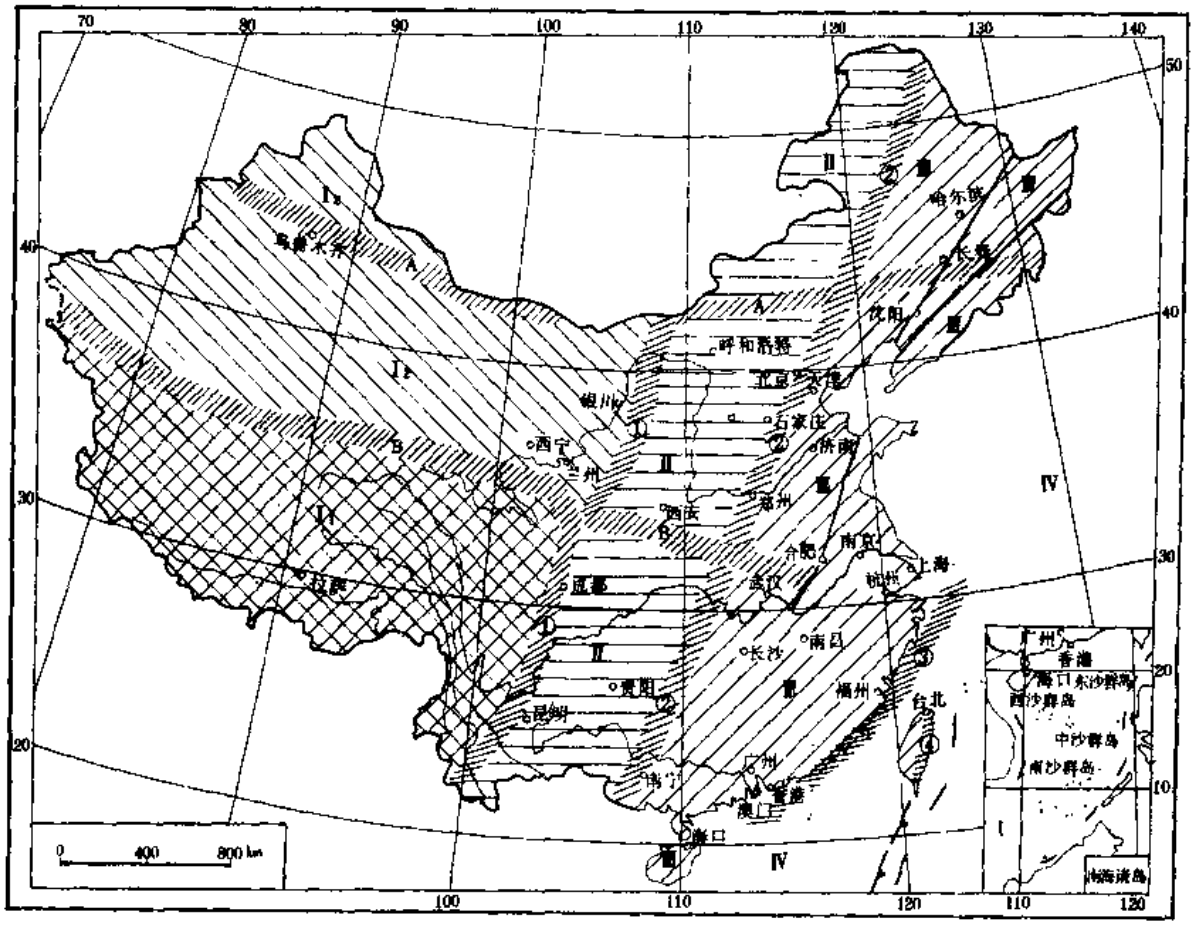


图3－4　中国主要深层构造区带略图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，－北京：地质出版社，1994，9）

Ⅰ1西部南区幔坳区；Ⅰ2西部北区幔坳区；Ⅱ中部深层构造过渡带；Ⅲ东部薄壳带；Ⅳ陆缘海域幔隆带；

A. 天山－赤峰陡变带；B. 昆仑－秦岭陡变带；①贺兰山－龙门山陡变带；②大兴安岭－武陵山陡变带；③中国东部陆缘陡变带；④菲律宾海板块西缘陆变带；粗黑线为走滑断裂带；带齿断线为深海沟

3.3.2.2　深层活动断裂带是影响煤与瓦斯突出的敏感地带

华北陆块南缘龙首山－固始断裂带，受其影响的有靖远、宜洛、平顶山、淮南等高瓦斯突出矿区，有10余对突出矿井。华南地区，沿华蓥山断裂带上有华蓥山、天府、中梁山高瓦斯突出矿区，共有13对高突矿井。沿南丹—紫云断裂带上分布有水城、六枝、红茂高瓦斯突出矿区，有10余对突出矿井。在扬子陆块北缘断裂带上分布有黄石高瓦斯突出矿区。在金沙江－红河断裂带上有一个低瓦斯突出矿井蚂蝗庆矿。东北地区，沿牡丹江－鹤岗断裂上分布有鹤岗瓦斯突出矿区和延边和龙二氧化碳突出矿区，有2对低瓦斯突出矿井和2对二氧化碳突出矿井。在敦化－密山断裂上有抚顺、鸡西高瓦斯突出矿区，有8对高瓦斯

突出矿井。在伊兰—舒兰断裂带上有营城二氧化碳突出矿井。几乎所有的煤与瓦斯突出矿井都与深断裂有关。深断裂大多是板块结合带或地体的拼接带，且往往是一些“复性”，“长寿”断裂；深断裂带多是重力梯度带，壳、幔物质陡变带，地球物理场变化带。深层活动控制浅层活动，深层构造控制浅层构造。燕山期以来，中国大陆进入板块活动期，东部受滨太平洋构造域控制，西部受特提斯构造域控制。东部壳、幔物质调整，陆壳活化，隆坳分异，新生代向洋伸展；西部印度板块持续北推，藏滇板块隆升，西伯利亚板块对挤。现代板块活动，使得深断裂成为构造活动的剧烈带，深断裂的挤压、剪切活动，控制着周围块段发生同动力体系的挤压，使那里的煤层发生构造变形、破坏、应力集中，瓦斯聚积同时发生。参见图 1—6 和表 1—1。

3.3.2.3 *推覆构造带是煤与瓦斯突出的多发地带*

中国多期、多层次的推覆构造十分发育，规模大者，推覆距离达数十千米。在四川盆地的西侧发育的龙门山—菁河推覆构造带，逆冲推覆指向盆地中心，如图 3—5 所示。沿推覆构造带上分布着龙门山、雅荣高瓦斯突出矿区，有 7 对突出矿井；在盆地的东侧发育的武陵山、华蓥山推覆构造，逆冲推覆指向盆地中心，分布着松藻、南桐、天府、华蓥山、中梁山高瓦斯突出矿区，有高突矿井 26 对，参见图 5—2。在江南古陆与华夏古陆之间形成的湘桂、乐平—萍乡，浙西 s 型和反 s 型伸展向北西凸出的弧形褶皱带，伴有向南东倾斜逆冲推覆和多层次滑脱。这一地区的涟邵高瓦斯带到萍乡—乐平高瓦斯带（包括萍乡、丰城、英岗岭、乐平高突矿区）中，共有 63 对高突矿井，发生煤与瓦斯突出 2500 余次，是我国煤与瓦斯突出最严重的地区之一。淮南煤田受大别山推覆构造带的控制，矿区内逆冲推覆断层发育，该矿区有 4 对煤与瓦斯突出矿井。北票矿区处于大型推覆构造部位，有 6 对矿井全是高突矿井，共发生突出 1500 余次，最大的突出强度为 1894t/次，是华北煤田突出最严重、突出强度最大的矿区之一。逆冲推覆作用与平移断裂往往互相联系，长江中下游地区分布的一些突出矿井，与郯庐断裂构造大规模左行平移形成的一些推覆构造有关。逆冲推覆构造与重力滑覆构造也有规律性的联系，逆冲推覆往往出现于造山期的早中期，重力滑覆多见于造山期后的构造调整阶段。太行山东麓焦作、鹤壁、安阳等高瓦斯突出矿区，煤

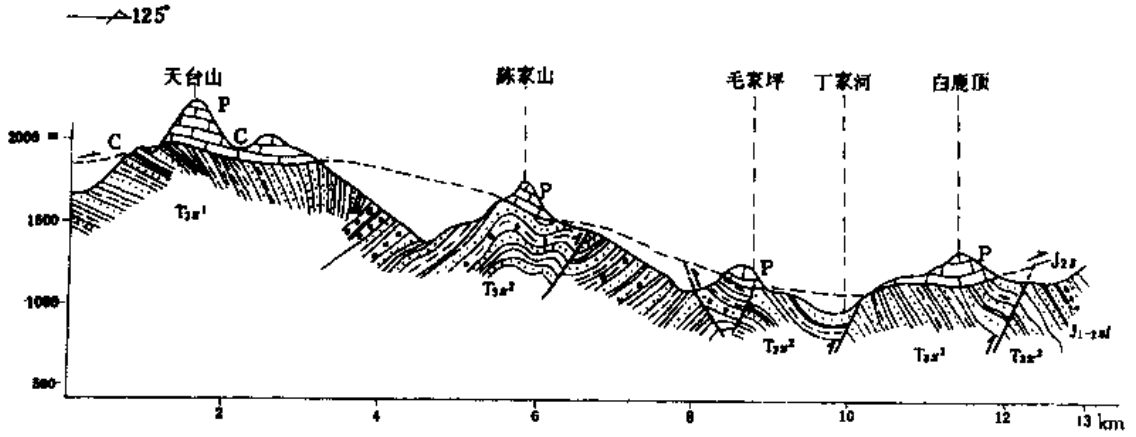


图 3—5 四川彭县推覆构造剖面图

（据四川第二区调队）

J_{2s} 侏罗系沙溪庙组；J_{1-2zl} 侏罗系自流井群；T_3x^3 三叠系须家河组上段；T_3x^2 三叠系须家河组中段；T_3x^1 三叠系须家河组下段；P 二叠系 C 石炭系

层挤压破坏强烈，构造煤极为发育，矿区内主体构造为一系列NNE向的正断层，舒缓波状，表现了强烈的压扭性质。这些正断层多数实际上是燕山早中期形成的太行山隆起挤压推覆断裂。

3.3.2.4 强变形带是控制煤与瓦斯突出的敏感地带

在华北陆块南缘和华南板块北缘受北秦岭变形带和大别山变形带控制的煤田，如华北平顶山、宜洛、荥巩、偃龙等煤田和淮南煤田，华南黄石煤田，都是具有煤与瓦斯突出危险的煤田（图3－6）。

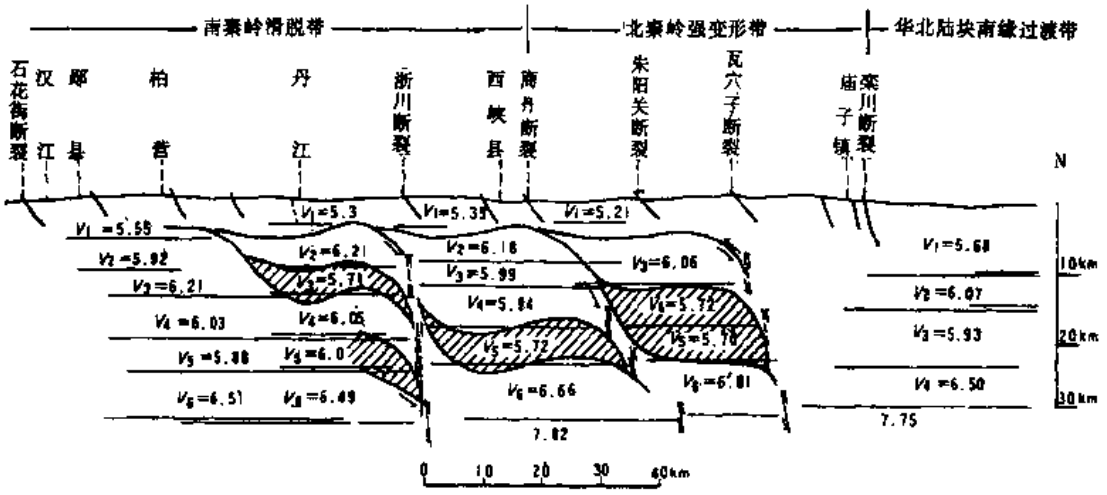


图3－6 东秦岭地震测深剖面

（据地矿部 物，成都地院资料改编）

（V为地震波速，单位为km/s）（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，－北京：地质出版社，1994，9）

3.4 中国煤层瓦斯的分区、分带特征

由于不同地区煤层瓦斯的生成条件和保存条件变化较大，因而煤层瓦斯的赋存在空间分布上也存在着较大的差异，表现为高瓦斯矿井常常集中分布在某些地区，煤层瓦斯在空间分布上存在着明显的分区、分带现象。

3.4.1 不同瓦斯等级的矿井分布概况

作者统计了全国1982对统配矿井和主要地方矿井，其中，高瓦斯矿井为825对，低瓦斯矿井为1157对，它们的分布是：

（1）华北地区 共有各类矿井580对。其中，高瓦斯矿井173对，占矿井总数的29%；低瓦斯矿井407对，占矿井总数的71%。

（2）东北地区 共有各类矿井230对。其中，高瓦斯矿井120对，占矿井总数的52%；低瓦斯矿井110对，占矿井总数的48%。

（3）华南地区 共有各类矿井1065对。其中，高瓦斯矿井516对，占矿井总数的49%；低瓦斯矿井549对，占矿井总数的51%。

（4）西北地区 共有各类矿井107对。其中，高瓦斯矿井16对，占矿井总数的15%；

低瓦斯矿井91对，占矿井总数的85%。

(5) 西藏、滇西地区　目前有主要地方矿井约25余对，全部为低瓦斯矿井。

3.4.2　不同瓦斯等级的矿区和煤田分布概况

作者统计了全国334个主要矿区和煤田（包括预测的矿区和煤田），其中，高瓦斯矿区和煤田为149个，低瓦斯矿区和煤田为185个，它们的分布是：

(1) 华北地区　共有矿区和煤田106个。其中，高瓦斯矿区和煤田41个，占37%；低瓦斯矿区和煤田65个，占63%。

(2) 东北地区　共有矿区和煤田26个。其中，高瓦斯矿区和煤田19个，占73%；低瓦斯矿区和煤田7个，占27%。

(3) 华南地区　共有矿区和煤田148个。其中，高瓦斯矿区和煤田70个，占47%；低瓦斯矿区和煤田78个，占53%。

(4) 西北地区　共有矿区和煤田54个。其中，高瓦斯矿区和煤田19个，占35%；低瓦斯矿区和煤田35个，占65%。

3.4.3　各大地区的矿井瓦斯涌出量分布概况

3.4.3.1　各大地区的平均矿井相对瓦斯涌出量比较

(1) 华南地区为19.89m^3/t。

(2) 东北地区为14.53m^3/t。

(3) 华北地区为8.425m^3/t。

(4) 西北地区为4.5m^3/t。

3.4.3.2　矿井相对瓦斯涌出量大于20m^3/t的矿区分布情况

(1) 华北地区的北票、下花园、包头、阳泉、保定5个矿区。

(2) 东北地区的阜新、营城、辽源、七台河、白城5个矿区。

(3) 华南地区的天府、华蓥山、南桐、永荣、龙门山、雅荣、乐威、芙蓉、六枝、水城、恩洪、松藻、桐梓、涟邵、郴耒、梅田、赣南、丰城、英岗岭、长广、宣泾、平贺、红茂23个矿区。

3.4.4　煤层瓦斯在空间分布上的分区、分带概况

煤层瓦斯在空间分布上的分区、分带现象极其明显，根据矿区和煤田煤层瓦斯形成的地质背景，含煤地层及其沉积特征，煤层瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量的大小，可以把勘探和开发程度较高的华北地区、东北地区、华南地区和西北地区的煤层瓦斯在空间分布上划分为20个瓦斯区（高瓦斯区8个，低瓦斯区12个）和89个瓦斯带（高瓦斯带36个，低瓦斯带53个）参见图3—1，各地区的分布情况为：

(1) 华北地区　分7个瓦斯区（高瓦斯区3个，低瓦斯区4个）27个瓦斯带（高瓦斯带11个，低瓦斯带16个）。

(2) 东北地区　分2个瓦斯区（高瓦斯区和低瓦斯区各1个）13个瓦斯带（高瓦斯带6个，低瓦斯带7个）。

(3) 华南地区　分7个瓦斯区（高瓦斯区4个，低瓦斯区3个）35个瓦斯带（高瓦斯带16个，低瓦斯带19个）。

(4) 西北地区　分4个瓦斯区（全为低瓦斯区）13个瓦斯带（高瓦斯带3个，低瓦斯带10个）。

第四章　华北地区煤层瓦斯分布特征

华北地区北起阴山、燕山、长白山；南抵秦岭、伏牛山、大别山、张八岭；西起贺兰山、六盘山；东临黄海、渤海。包括京、津、晋、冀、鲁、豫的全部，辽、吉、内蒙古的南部，陕、苏、皖的北部和甘、宁的东部。华北地区煤炭资源丰富，探明煤炭储量和煤炭产量居全国之首，是中国最大的能源基地。

4.1　煤层瓦斯形成和分布的地质背景

4.1.1　构造演化和含煤地层

华北地区在大地构造上属华北陆块（中朝准地台）。

震旦纪至早古生代，华北陆块北缘与西伯利亚板块间为古亚洲洋；华北陆块南缘，为祁连—秦岭—北淮阳裂谷系，局部为洋盆与扬子古陆相隔。

古亚洲大洋在晚古生代早期已甚狭窄，至晚石炭—早二叠世，海域逐渐收缩，洋壳向塔里木—华北古陆之下俯冲、消减，最后，西伯利亚板块南缘与华北陆块北缘碰撞，全区褶皱回返；华北陆块南缘，加里东晚期形成褶皱带，使柴达木、中祁连、大别山等微陆块拼接于塔里木—华北古陆边缘。塔里木—华北古陆与扬子古陆间经历了多次开、合，于二叠纪末（或三叠纪初）联为一体，进入了板内活动时期。华北古陆的主体部分，晚古生代为古陆盖层发展的后期阶段，大约从寒武纪起，华北古陆就普遍稳定下沉为陆棚浅海，沉积了寒武纪和中、下奥陶纪地层。中奥陶世（贺兰山在晚奥陶世），受加里东运动影响，华北陆块第二次隆升，志留系、泥盆系及下石炭统地层缺失。直到中石炭世初，华北陆块再次逐渐下沉，中石炭统超覆于下伏地层之上，开始广泛沉积了海陆交替相的石炭二叠系含煤地层，几乎在整个华北地区，形成了中国最丰富的石炭二叠纪煤炭资源，资源总量为18778亿t（鄂尔多斯盆地除外），是中国煤炭资源总量62024亿t的30.275%（1988）。在石炭二叠纪含煤地层的沉积过程中，华北陆块北缘天山—赤峰活动带与西伯利亚板块南缘准噶尔—兴安活动带沿伊林哈别尔尕—西拉木伦结合带于晚二叠世完成了全面拼合对接，使华北陆块北部不断隆起，海岸线不断向南迁移，海水从华北陆块的东南部逐渐退出，石炭二叠系的沉积环境也由中晚石炭世的浅海和滨海环境演变为二叠纪晚期的内陆环境，使华北地区的石炭二叠纪由北向南浅海相和过渡相沉积比例增大，层位增高，岩性、岩相和含煤性呈现着明显的分带现象。晚二叠世末（或三叠纪初）又完成了与扬子古陆的拼合、对接，至此华北陆块全部隆起，接受陆相沉积。

华北陆块进入了滨太平洋活动构造域现代板块发展阶段。

三叠纪时期的印支运动，华北陆块继续受到西伯利亚板块和扬子古陆的南、北推挤作用，华北陆块的主体部分表现为大型的走向近东西的内陆坳陷盆地，印支期褶皱也表现为轴向近东西的穹状背斜和短轴向斜，构造应力场方向，最大主压应力轴(σ_1)优选方位SE176°∠5°，这说明了该期区域构造的挤压方向以近南北方向为主。参见图1—7。同时，库拉—

太平洋板块开始向欧亚板块俯冲，表现为大幅度的差异升降，构造分异和沉积分异增强。郯庐断裂大规模左行扭动走滑距离110～250km（在辽宁为敦化—密山断裂）。鄂尔多斯盆地、山西、河南、河北的大部分地区在二叠系之上连续沉积了以河湖相为主的三叠纪陆相沉积，沉积边界大致沿山西平鲁、河北唐山、济南的西北至河南太康以南一带。晋北、冀北、皖北、苏北和山东省的大部分地区，则因地壳抬升而缺失三叠系沉积。晚三叠世沉积范围逐渐缩小至鄂尔多斯盆地，沉积了湖沼相和河流相的瓦窑堡组含煤地层，含煤50余层，可采煤层3层，煤系主要为细碎屑岩夹油页岩层。

燕山运动早中期，华北陆块继续受到库拉—太平洋板块多次俯冲，并相对左旋走滑，表现的更加剧烈，发生板内造山活动，使华北陆块发生强烈改造，地壳缩短形成了逆冲叠覆并出现了太行山隆起带和胶辽隆起带；地壳松弛形成了沉陷，并出现了鄂尔多斯沉降带、华北沉降带等盆地。伴随着碰撞造山，中国东部发生了大规模的火山活动和岩浆侵入，但都以晚侏罗世和早白垩世最为强烈，从东北经过华北地区到华南的东南沿海，形成宏伟的安第斯型陆缘弧火成岩，以钙碱性系列的酸性岩为特征，具高硅、高碱、SiO_2含量呈连续变化的单峰式，反映挤压构造环境的岩浆活动特点。燕山期的构造应力场，以NWW－SEE向挤压和NNE－SSW向拉张为主要特征；燕山期的构造形迹以早侏罗世末期褶皱轴迹NEE向，中侏罗世末期转为NE向，最终以褶皱轴和逆掩断层走向NNE向为主要特征，并可伴随有走向NWW的正断层和走向NEE与NNW的平移断层（图4－1）。侏罗纪早期，鄂尔多斯盆地在晚三叠世末短暂的隆起之后，再次下沉，在这个广阔的内陆盆地普遍沉积了侏罗纪地层，总厚度1543～2074m，其中，中下侏罗统延安组为重要的含煤地层，厚度125～350m以上，为深水湖泊相和湖沼相沉积，主要为细碎屑岩夹油页岩，含煤和油气。在盆地北部的榆林、神木、东胜煤田，含煤20余层，单层厚度最大8m；在盆地西部的灵武、盐池、定边等地有8个含煤组；在盆地南部黄陵、焦坪、彬县、陇县、华亭等煤田含可采煤层1～8层，单层厚度最大30m左右。鄂尔多斯盆地含有中国最丰富的煤炭、油气和煤层气资源，是中国重要的能源基地之一，已查明的煤炭资源总量15924亿t（包括石炭二叠纪煤层），占全国煤炭资源总量的25.67%，煤化程度以中变质烟煤为主。另外在华北陆块北部和东北部等地的中小型盆地里也沉积了早、中侏罗世含煤地层，分别有内蒙古包头煤田石拐子群，含可采煤层8层，煤层总厚度最大60m，煤化程度为中、高变质烟煤，煤系岩性为湖沼相的细碎屑岩为主、夹油页岩，煤层瓦斯的生成、保存条件较好；在晋北大同、宁武煤田含煤地层大同组，含煤20余层，煤层总厚度20m，以中、低变质烟煤为主；京西、京东煤田含煤地层窑坡组，多为薄煤层，局部为中、厚煤层，煤化程度为超高变质无烟煤，瓦斯大量释放；辽西北票煤田含煤地层北票组，地层厚度1000m，含可采煤层14层，为中高变质烟煤，煤系中泥岩发育。河南义马煤田含煤地层义马组，地层厚度88m，含3层厚—特厚煤层，主要为低变质的长焰煤。另外还有河北下花园矿区、辽西本溪矿区都含有中、高变质的早中侏罗世煤层。

晚白垩世晚期，燕山运动末至喜马拉雅运动早期，伴随着特提斯洋关闭，印度板块快速北移，继之对欧亚板块强烈碰撞，并持续向北推进，与此同时西伯利亚板块作径向挤压，构造上出现了北东、北北东向为主的向洋分带，此时中国大陆向北挤压转为向东挤压，大陆东部向太平洋离散，滨太平洋陆缘沟、弧、盆体系开始形成，与造山后的松弛相联合，挤压作用逐步被拉张作用所取代，华北陆块以裂陷活动为主，板内张性断裂发育。随着鄂尔

多斯盆地抬升，在其周缘形成了一系列裂陷盆地，如河套地堑、银川地堑和著名的汾渭地堑；山西断隆也在其总体抬升过程中，在晋中一带发生了断裂，形成了一系列雁形排列的断陷盆地；在太行山隆起带以东形成了著名的下辽河—渤海—华北平原裂陷盆地。在强烈

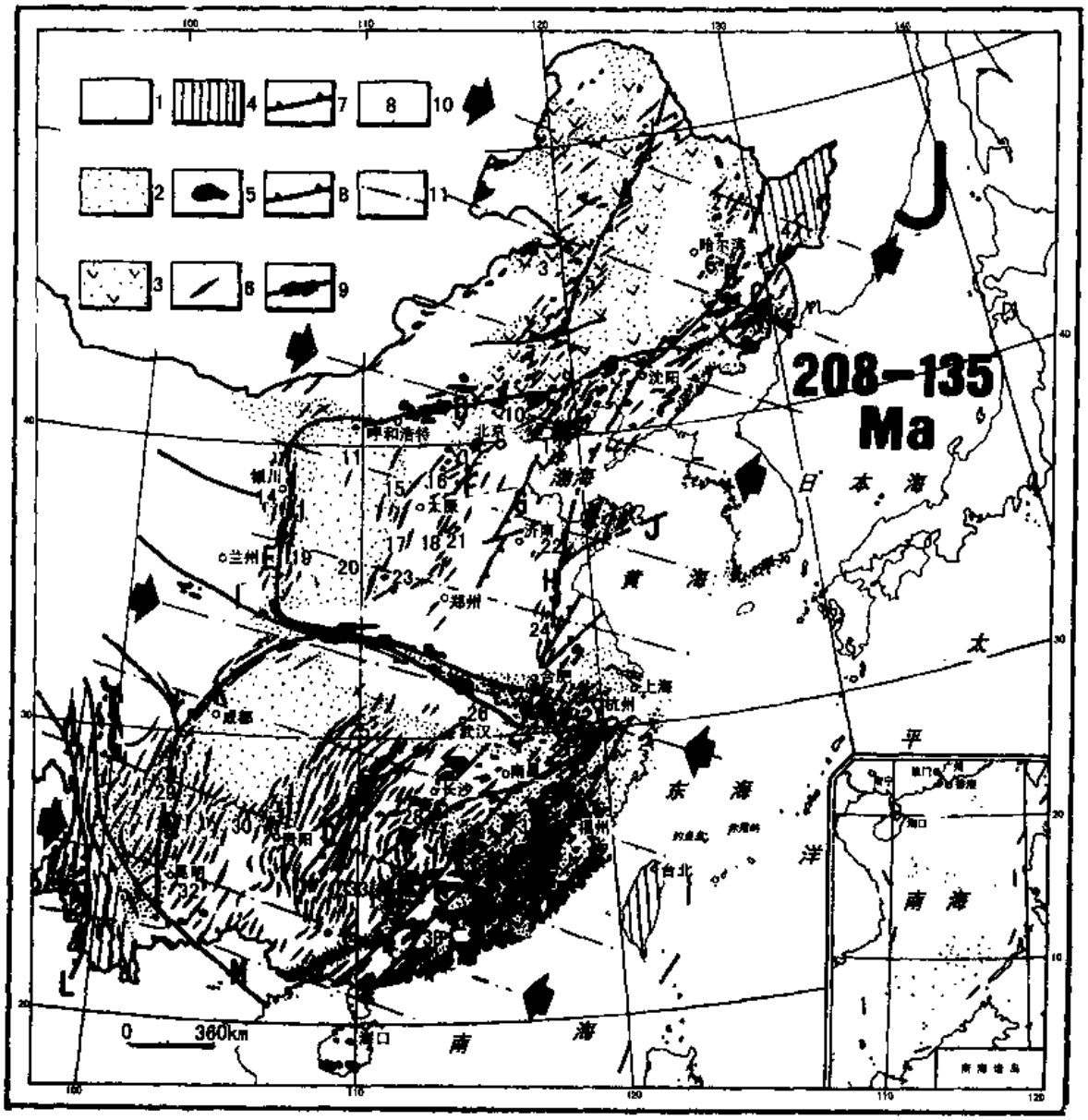


图 4—1 燕山期（J）地质构造图

（引自中国东部中、新生代板内变形构造应力场极其应用/万天丰著，—北京：地质出版社，1993，9）

1—前侏罗系岩石；2—晚侏罗世，陆相河湖沉积；3—晚侏罗世陆相火山喷发；4—晚侏罗世，海相沉积；5—中酸性侵入岩体；6—褶皱（仅示背斜）；7—逆断层或逆掩断层；8—正断层；9—平移断层；10—板内变形统计区编号；11—最大主压应力轴迹线，箭头示压缩方向；断层：A—大兴安岭断层；B—依兰—伊通断层；C—敦化—密山断层；D—中朝地块北缘断层；E—贺兰山断裂带；F—紫荆关断层；G—兰考—沧东断层；H—郯城—庐江断裂带；I—秦岭—大别山断裂带；J—诸城—青岛断层；K—龙门山断层；L—澜沧江断层；M—金沙江—红河断层；N—攀枝花—西昌断层；O—黔东南—雪峰山逆掩断层带；P—湘潭—都庞岭断层；Q—十万大山断层；R—云开大山—赣东北断层带；S—吴川—遂川断层；T—邵武—河源断层；U—诸暨—莲花山断层；V—长乐—诏安断层；W—绍兴—宜春断层

拉张的断陷带诱发了大陆拉斑玄武岩的喷发。同时，在这些断陷盆地内堆积了较厚的早第三纪陆相碎屑岩含煤沉积，分别有山东的五图、黄县、河南项城、卢氏、濮阳等，其中，比较重要的是黄县煤田黄县组，厚度800～1000m，含煤7层，可采煤层2～3层，中厚煤层，低变质烟煤。煤系岩性下部为洪积冲积相含砾砂岩夹碳质泥岩、油页岩和煤层；上部主要为湖沼相的泥岩、泥灰岩、油页岩和煤层。

第四纪时，华北各盆地继续下沉，西厚东薄，如鄂尔多斯第四系厚度2400m，汾渭盆地1000～5000m，华北盆地500m。

4.1.2 煤层瓦斯形成和分布

华北古陆块中部山西至宁、陕一带，褶皱、断裂不发育。褶皱表现为大型宽缓，轴向近东西向，煤层破坏轻微，大范围是原生结构煤，仅在靠断层附近有薄层构造煤，最大厚度不超过1m，一般0.5m左右。这也是华北地区煤与瓦斯突出没有华南地区那么严重、那么普遍的主要原因。但在陆块北缘和南缘分别受西伯利亚板块和扬子陆块碰撞拼合的影响以及持续的南、北挤压作用，褶皱、断裂比较发育，并且主要表现为近东西向。

在陆块北缘，以早中侏罗世和石炭二叠纪含煤沉积为主，从包头矿区、经下花园、承德到辽西北票、南票至本溪、通化矿区，主要受控于华北陆块北缘隆起带和北缘断裂带，褶皱轴线和逆冲断裂走向在包头为近EW向，至下花园—承德为NEE向，北票、红阳为NE向。华北陆块北缘是一个以挤压作用为主的高瓦斯区，包头、下花园、北票、红阳、通化均是高瓦斯突出矿区。

华北陆块南缘，从平顶山矿区至淮南矿区分别受控于东秦岭变形带和大别山变形带和陆块南缘断裂带，即龙首山—固始断裂带，断裂走向总体以NWW向为主。该断裂带在甘肃龙首山、靖远为NW向，至平顶山为NWW向，至淮南为近EW向。华北陆块南缘也是一个以挤压为主的高瓦斯区，平顶山和淮南都是高瓦斯突出矿区，靖远是西北地区唯一的高瓦斯突出矿区。

二叠纪末，华北陆块受西伯利亚板块和扬子陆块碰撞拼接的控制隆升为陆，在华北陆块的东部和北部相对隆起较早，缺失三叠纪地层沉积，石炭二叠纪煤层盖层较薄，并遭受风化剥蚀作用，大量瓦斯释放。如鲁淮断隆控制地带的石炭二叠纪煤层垂深500m以上仍为瓦斯风化带，80%以上的矿井为低瓦斯矿井，是一个低瓦斯区。西侧鄂尔多斯盆地是一个大型的坳陷盆地，石炭二叠纪煤层深埋于下部，上覆又沉积了晚三叠世和早中侏罗世含煤地层，赋存着中国最丰富的煤炭、煤层气，油气资源。尤其是含煤地层中赋存的油气，造成了煤层开采时的高瓦斯涌出，如陕西焦坪矿区崔家沟煤矿。在山西沁水盆地的中心部位石炭二叠纪煤层坳陷较深，上覆三叠纪盖层较厚，是一个高瓦斯赋存区。

侏罗—白垩纪，华北陆块处于板内造山阶段，太行山隆起，胶辽隆起，郯庐断裂及其分支敦化—密山断裂大规模左行平移，鄂尔多斯西缘断裂重新活动，主要为强烈的压扭性活动。并形成了一系列NNE向、NE向的褶皱和逆冲推覆断层，控制着早中侏罗世含煤盆地的构造特征，如北票等矿区；并在石炭二叠纪含煤盆地与原来的东西向构造相叠加、形成复合构造。在鄂尔多斯盆地西缘是一个以挤压作用为主控制的高瓦斯带，其中有石嘴山高瓦斯突出矿区，石炭井、汝箕沟均为高瓦斯矿区。太行山隆起带和胶辽隆起带是由NNE向逆冲推覆断裂和褶皱组成的隆起带，也是燕山期陆块挤压扭动、“活化”造浆最强烈的地带。在太行山东麓焦作、安阳、鹤壁、邯郸等矿区中一系列NNE向的正断层实际上是原来

指向NWW方向的逆冲断层，晚白垩世晚期以后，挤压被拉张所取代，又华北断陷盆地裂陷活动强烈，使得这些矿区的NNE向压扭性断裂变成张扭性断裂，逆冲推覆构造变为重力滑脱构造。太行山东麓是一个以挤压为主的高瓦斯带，其中的焦作、安阳、鹤壁等矿区都是高瓦斯突出矿区。受胶辽隆起带控制的红阳、通化矿区都是煤与瓦斯突出矿区。

晚白垩世晚期，华北陆块以裂陷活动为主，形成了下辽河—渤海—华北裂陷盆地、汾渭地堑等裂陷盆地，此时石炭二叠纪煤层瓦斯得到大量释放，使得下辽河—华北盆地成为以拉张作用为主的低瓦斯区，开滦矿区、蓟玉矿区、邢台矿区等都是低瓦斯矿区。汾渭盆地也是一个受拉张活动控制的低瓦斯带，其中的霍县、汾西、西山矿区都是低瓦斯矿区。

4.2 煤层瓦斯分布特征

根据矿区和煤田的地质背景，含煤地层的沉积特征与矿井的相对瓦斯涌出量和煤层瓦斯含量的高低，华北地区可以划分为以下7个瓦斯分布区。

4.2.1 阴山、燕、辽高瓦斯区

该区位于华北地区的北部，大地构造单元包括，华北北缘隆起带（内蒙古地轴）；燕辽中元古裂谷带；胶辽隆起的北部。参见图1—2。主要矿区和煤田：红阳、本溪、通化、北票、南票、红土梁、万全、下花园、承德、柳江、兴隆、蔚县、京西、京东、包头和集宁等。含煤地层为石炭二叠系的太原组、山西组和下中侏罗统的窑坡组、石拐子组和北票组，此外，个别地区还分布有晚侏罗早白垩世和早第三纪的含煤地层。在上述矿区和煤田内，红阳、本溪、通化、北票、下花园、兴隆、承德、包头都是高瓦斯区（表4—1）。现有的89对统配煤矿和主要地方矿井中53对为高瓦斯矿井，36对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的65%。高瓦斯矿井中有18对为煤与瓦斯突出矿井，分布于包头、下花园、北票、红阳和通化矿区，已发生煤与瓦斯突出1557次以上，突出强度最大的，发生在北票矿区的冠山二井，突出强度，煤1894t/次，该区可进一步划分为以下6个带：

表4—1 阴山、燕、辽高瓦斯区若干矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)
包　头	48.58	兴　隆	13.85
下花园	21.77	通　化	13.07
北　票	28.76	承　德	14.20
红　阳	15.13		

（1）通化、红阳高瓦斯带　位于胶辽隆起北部，包括，红阳、本溪、通化等矿区。含煤地层为石炭二叠系的太原组、山西组，下中侏罗统的三个岭组、大褒组、长梁子组和上侏罗统—下白垩统的石人组。矿井瓦斯涌出量比较高，所属的三个主要矿区都是高瓦斯矿区。其中，通化矿区现有统配煤矿20对，15对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是湾沟一井和铁厂二井，各为23.3m^3/t和23.07m^3/t；5对低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为1.72～7.74m^3/t。在高瓦斯矿井中，铁厂一矿和铁厂二矿以及松井一矿、湾沟二矿

和八道江竖井都是煤与瓦斯突出矿井。截止到1984年已发生7次突出，突出强度最大的发生在铁厂二井，突出强度，煤370t/次瓦斯3080m³/次，其它几次突出强度比较小，在100t/次以下。位于红阳矿区和本溪矿区的9对主要矿井，8对为高瓦斯矿井，仅斜井柳塘坑为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是红菱矿，为22.55m³/t，高瓦斯矿井中牛心台三斜井、红菱矿、林盛矿为煤与瓦斯突出矿井，突出强度最小，多为小型突出。该带的高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井合计为23对，占矿井总数的80%。

(2) 北票、柳江高瓦斯带　位于燕辽中元古裂谷带的东侧，包括，南票、北票、柳江矿区及邻近的一些预测区。含煤地层为石炭二叠系的太原组、山西组和下中侏罗统的北票组，后者主要分布于北票矿区。该带现有统配矿井12对，7对为高瓦斯矿井，占矿井总数的58.3%，其中，北票矿区矿井的瓦斯涌出量比较高，冠山二井的矿井相对瓦斯涌出量最高，为45.61m³/t，其它5对矿井相对瓦斯涌出量也在22m³/t以上。现已发生煤与瓦斯突出1507余次，始突深度最小的是三宝一井，为172m，最大的是冠山一井，为560m，强度最大的两次都发生在冠山二井，一次发生在1977年12月，突出强度为1894t/次；一次发生在1980年8月，突出强度为1456t/次。南票矿区为预测高瓦斯区，在6对统配矿井中，小菱河矿为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为10.033m³/t，其余5对矿井都是低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为1.856～8.14m³/t，深部预测为高瓦斯。北票矿区煤层瓦斯含量较高的主要原因：煤层围岩和煤层上覆地层中深水湖泊相沉积极其发育，厚达数百米，是渗透性极差的层间盖层；受燕山期岩浆活动的影响，使大部分煤层进入生烃量较强的成熟期。此外，该矿区位于北东向展布的大型逆冲推覆构造带，对煤层瓦斯的逸出也起到了一定的阻隔作用。北票矿区煤层瓦斯的干燥系数比较低，是中国目前在矿井瓦斯中重烃含量较高的矿区之一。台吉矿、冠山矿和三宝矿重烃的浓度一般都在5%～35%，最高达48.79%(图4—2)。

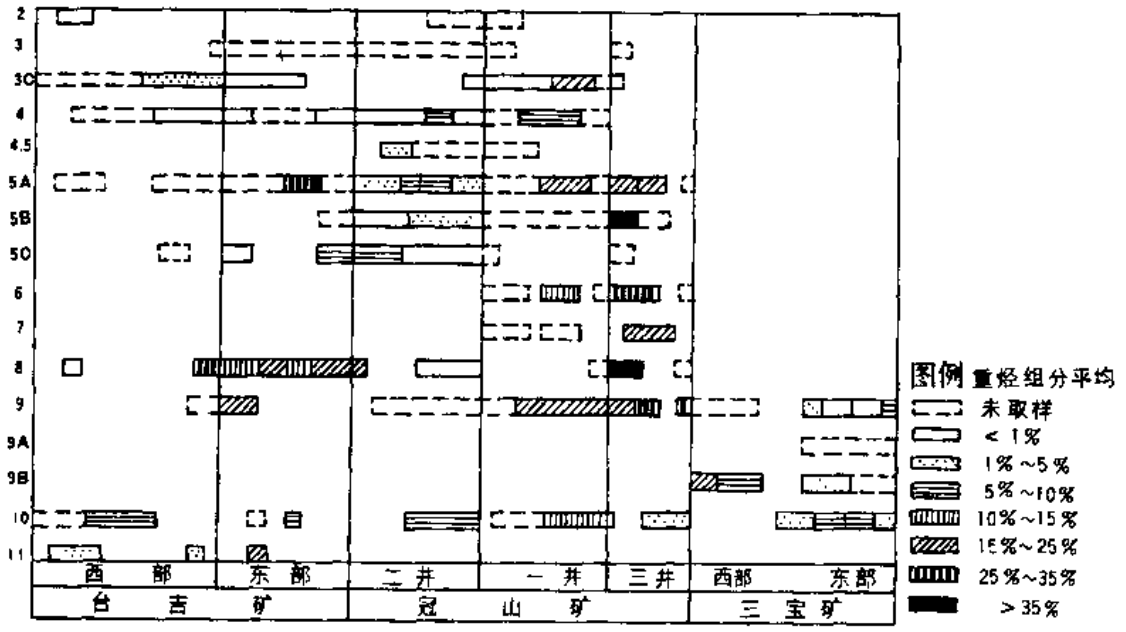


图4—2　北票矿区各煤层的重烃分布情况

(据抚顺煤炭科学研究所与淮南矿业学院)

重烃浓度增高和煤与瓦斯突出的危险性相一致，特别是重烃的产出阶段，生成的大量重烃存在于煤层之中，从而导致瓦斯内能的增加和放散初速度随重烃浓度的增大而增高，这可能是北票矿区煤与瓦斯突出频率较高较大的原因之一。柳江矿区的含煤地层为下花园组、太原组和山西组，目前主要开采山西组和太原组的煤层，煤层的埋藏深度约为0～800m。柳江矿区为一向斜构造，西翼煤层的瓦斯含量比较低，现有的生产矿井多为低瓦斯矿井，东翼煤层的瓦斯含量比较高，高瓦斯矿井比较多，矿井相对瓦斯涌出量较高的马碲岭矿为46m³/t，其余各矿井的相对瓦斯涌出量为3～15.1m³/t。矿井瓦斯涌出量随矿井深度增加的趋势比较明显，今后随着采深的加大将会出现较多的高瓦斯矿井。

(3) 大青山、乌拉山高瓦斯带　位于华北北缘隆起带的西段，包括，大青山、乌拉山和集宁煤田。含煤地层为石炭二叠系的拴马桩组和下、中侏罗统的石拐子群。主要生产矿井目前集中分布在大青山煤田的包头矿区，有统配煤矿5对，全为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是河滩沟矿，为105.58m³/t。井有煤与瓦斯突出矿井一对，为五当沟矿，已发生煤与瓦斯突出11次，最大的突出强度，为550t/次。乌拉山的两对主要地方矿井相对瓦斯涌出量都在10m³/t以上，也为高瓦斯矿井。

(4) 张北、沽源低瓦斯带　位于华北北缘隆起带的中段，包括，张北、康保和沽源一带的含煤区和预测区。含煤地层为上侏罗统--下白垩统的黄家堡组和下第三系。对该带的煤层瓦斯了解较少，仅据个别地方矿井和邻近的地区类比，推测为低瓦斯带。

(5) 宣化、兴隆、承德高瓦斯带　位于燕辽中元古裂谷带的西侧，包括，红土梁、万全、宣化的下花园、兴隆和承德东北部的石炭二叠系。下花园矿区为高瓦斯矿区，现有统配矿井6对，除下花园三井为低瓦斯矿井外，其余5对都是高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是下花园四井，为49.3m³/t。在这5对高瓦斯矿井中，下花园一井、二井、四井为煤与瓦斯突出矿井，自1981年到1984年共发生煤与瓦斯突出32次，以一井的突出次数最多为20次，突出强度最大的发生在二井，突出强度为1050t/次。兴隆矿区有统配煤矿4对，全为高瓦斯矿井，平均相对瓦斯涌出量为16.99m³/t 。据承德松树台等矿区的13对地方矿井了解，6对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是涝洼滩二井和下坝矿井，各为32.7m³/t 和31.4m³/t。西部的万全矿区煤种为褐煤，煤层的围岩以粗碎屑岩为主，瓦斯风化带比较深，为低瓦斯矿区。

(6) 蔚县、京西、京东低瓦斯带　位于燕辽中元古裂谷带的南侧和华北新生代断陷盆地北端，包括，蔚县、京西、和京东矿区。含煤地层为石炭二叠系的太原组、山西组和大中侏罗统的窑坡组和下花园组。该带矿井瓦斯涌出量比较低，其中，蔚县矿区有4对地方国营矿井，全部位于瓦斯风化带内，平均矿井相对瓦斯涌出量为3.46m³/t。由于该矿区瓦斯风化带比较深，孔深600m左右的煤层瓦斯含量仅为2.03mL/g（可燃基），仅占气体组成的41.7%，仍为瓦斯风化带，所以今后该矿区矿井向深部发展，可能亦以低瓦斯矿井为主；京西矿区现有统配煤矿13对，仅黑土港斜井为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为22.98m³/t ，其余12对矿井全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量除城子矿斜井外，都在5m³/t以下；京东矿区的三河煤矿，矿井相对瓦斯涌出量比较低，据地质勘探资料，该矿区煤层的气体成分以氮为主，占76.94%，甲烷10%以下，可能为瓦斯风化带。在三河向斜北翼孔深800m处，煤层的瓦斯含量仅为1.46mL/g（可燃基），因而今后向矿区东、北部深部发展，大部分矿井也将为低瓦斯矿井。

4.2.2 鲁、苏北低瓦斯区

该区位于鲁淮断隆和胶辽隆起的南部，包括，济东、汶上—宁阳、济宁、韩台、五图和起原煤田，淄博、坊子和肥城、新汶、莱芜、兖州、滕县、陶枣、官桥、临沂、黄县、丰沛和徐州矿区以及鲁西南和鲁西北等地的预测区。含煤地层主要为石炭二叠系的太原组、山西组，下中侏罗统的坊子组和下第三系的黄县组，该区矿井瓦斯含量比较低，上述矿区和煤田全为低瓦斯矿区和煤田（表 4—2）。在 71 对统配煤矿中，高瓦斯矿井仅 3 对，低瓦斯矿井 68 对，占矿井总数的 95%以上，该区划分为以下 4 带：

表 4—2 鲁西北、鲁东北、苏北若干主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)
淄　博	3.88	黄　县	2.49
新　汶	3.02	坊　子	0.81
陶　枣	4.33	丰　沛	3.31
肥　城	3.31	徐　州	5.11
兖　州	2.63		

（1）鲁西北低瓦斯带　位于鲁淮断隆的北部，包括，黄河、济东、淄博、五图、坊子和肥城煤田，新汶、莱芜和起源矿区。其中坊子矿区的含煤地层为坊子组，五图煤田为黄县组，其余矿区和煤田为山西组和太原组。淄博、坊子、肥城煤田和新汶矿区，现有统配矿井共 34 对，仅淄博矿区的岭子矿一井为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 $11.8m^3/t$，其余 33 对矿井全为低瓦斯矿井，占矿井总数的 97%，有 27 对矿井的相对瓦斯涌出量在 $5m^3/t$ 以下。

（2）鲁东北低瓦斯带　位于胶辽隆起的南端和鲁东北莱州湾的东南岸一带，包括，黄县矿区及其西南的掖县预测区。含煤地层为黄县组。黄县矿区现有北皂矿和洼里矿 2 对统配矿井，都是低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量分别为 $1.86m^3/t$ 和 $3.12m^3/t$。

（3）鲁西南低瓦斯带　位于鲁淮断隆的西南侧，主要有兖州、滕县、陶枣、临沂和济宁矿区。含煤地层为太原组和山西组。陶枣矿区有统配煤矿 9 对，全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是甘霖矿和黄见矿，各为 $9.89m^3/t$ 和 $7.05m^3/t$，其余 7 对矿井的相对瓦斯涌出量为 $0.86\sim5.17m^3/t$ 。兖州矿区有统配煤矿 4 对，全是低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 $1.6\sim6.4m^3/t$ ，仅莒县煤矿为高瓦斯矿，矿井相对瓦斯涌出量为 $11.6m^3/t$ ，并子 1977 年发生过一次煤与瓦斯突出，突出强度为 2t/次左右。滕县、济宁一带的地方矿井，全部为低瓦斯矿井，在煤层的气体组成中，氮含量很高，如滕南一带的各矿井氮含量常在 90%以上，曾经发生过多次氮窒息事故。

（4）丰沛、徐州低瓦斯带　位于鲁淮断隆的中部的苏北边界地段，包括，苏北的丰沛和徐州矿区。含煤地层为太原组、山西组和石盒子组，丰沛和徐州矿区都是低瓦斯矿区，前者有统配矿井和地方主要矿井 6 对，全为低瓦斯矿井，在统配矿井中，相对瓦斯含量最高的是孔庄矿，为 $7.67m^3/t$ ；后者据 16 对统配矿井统计，义安矿和张小楼矿 2 对矿井为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 $11.04m^3/t$ 和 $10.89m^3/t$ ，其余 14 对矿井全为低瓦斯矿

井，矿井相对瓦斯涌出量为 1.59～7.87m³/t 。

4.2.3 冀东、豫北低瓦斯区

该区位于山西隆起的东缘，即太行山东麓和华北新生代裂陷盆地，包括，太行山东麓一带的灵山、井陉、邢台、峰峰、邯郸、安阳、鹤壁、焦作和济源矿区，冀东的蓟玉、开滦矿区，以及天津一衡水的津南含矿区，河南北部濮阳、汲县预测区和范县预测区。含煤地层为太原组和山西组。在上述矿井中，目前有 5 个矿区为低瓦斯矿区，4 个矿区为高瓦斯矿区，后者主要分布在该区中南部，煤级较高，三叠系沉积较厚，在三叠纪之末的印支运动和燕山旋回期间，石炭二叠纪含煤地层风化剥蚀的程度较轻、煤层瓦斯保存条件较好的地区。各主要矿区矿井相对瓦斯涌出量的平均值如表 4－3 所列。该区包括以下 2 个瓦斯带：

表 4－3 太行山东麓若干主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)
灵 山	23.81	邯 郸	2.96
开 滦	5.34	安 阳	17.49
峰 峰	48.81	鹤 壁	17.96
井 陉	5.58	焦 作	18.39
邢 台	3.05		

(1) 太行山东麓高瓦斯带　位于山西隆起东部边界的太行山断裂带的沿线，包括，灵山、井陉、邢台、峰峰、邯郸、安阳、鹤壁、焦作和济源矿区。该带现有统配煤矿和地方国营煤矿 105 对，高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井为 47 对，占矿井总数的 45%。灵山矿区现有地方国营矿井 9 对，其中，灵山四井为高瓦斯突出矿井，灵山一井、三井和曲阳二井为高瓦斯矿井，高瓦斯突出矿井和高瓦斯矿井约占矿井总数的 67%，矿井相对瓦斯涌出量最高的灵山五矿和灵山一矿，各为 56.1m³/t 和 49.1m³/t，煤与瓦斯突出强度比较小，多为 50t/次以下的小型突出。邢台矿区现有统配矿井 7 对，地方国营矿井 10 对，其中，统配矿井全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量大部分在 5m³/t 以下；地方矿井中有 4 对高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的岗头三井为 22.9m³/t。据勘探过程中测定的煤层瓦斯含量分析（表 4－4），显德旺矿向深部发展可能为高瓦斯矿井，葛泉矿和邢东区的部分矿井也可能为高瓦斯矿井，尧山、隆东和临城地区的大部分矿井，仍属低瓦斯矿井。峰峰、邯郸两矿区共有统配矿井 24 对，高瓦斯矿井 4 对，全部位于峰峰矿区，矿井相对瓦斯涌出量最高的是薛村矿为 21.89m³/t；共有地方矿井 17 对，其中高瓦斯矿井 5 对，高瓦斯矿井约占矿井总数的 22%。据该矿区东部鼓山东侧煤层的瓦斯含量及其地质情况分析，除现有薛村小屯、二矿和羊渠河矿为高瓦斯矿井外，还有大淑村、羊东、九龙口、泉头、梧桐庄等今后都可能为高瓦斯矿井，鼓山以东今后可能成为一高瓦斯地带。矿区西部鼓山与九山之间的大部分地区，为低瓦斯带，仅部分地区如辛安井田和集贤村井田一带，煤层瓦斯的含量比较高，推测为高瓦斯矿井。

此外，在磁山和白沙一带，岩浆活动比较强烈，常顺层侵入到含煤地层中，在煤层的瓦斯风化带，煤层瓦斯的含量比较低，为低瓦斯地带。气体组成中，CO_2 的含量比较高，在

一定条件下也可能发生二氧化碳突出，这是应当注意的一个问题。井陉矿区有矿井5对，全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为1.21～7.59m³/t。安阳、鹤壁和焦作矿区，是该带南部的3个高瓦斯突出矿区，其中，安阳矿区有地方国营矿区12对，10对高瓦斯矿井，占矿井总数的83.3%，矿井相对瓦斯涌出量最高的是龙山矿，为38.37m³/t，高瓦斯矿井中7对突出矿井，已发生煤与瓦斯突出144次，突出强度最大的，发生在龙山矿，突出强度为581t/次；鹤壁矿区有统配矿井8对，矿井相对瓦斯涌出量比较高，全为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是四矿，为33.86m³/t 。在这8对高瓦斯矿井中，四矿和六矿为突出矿井，已发生煤与瓦斯突出12次，突出强度最大的为200t/次左右；焦作矿区有统配矿井13对，1对为高瓦斯矿井，10对为高瓦斯突出矿井，2对为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为6.86～36.75m³/t，10对突出矿井已发生煤与瓦斯突出216次，突出强度最大的，发生在演马矿，突出强度为1550t/次。

表4-4 邢台、峰峰、蓟玉、开滦矿区煤层的瓦斯含量

矿区名称	钻孔位置	煤层位置	煤层深度（m）	甲烷含量 mL/g（可燃基）	甲烷占气体组成的比例（%）
邢台	显德旺	C-P	600	13.17	88.47
	邢东	C-P	400～1000	1.40～6.76	58.12
	尧山	C-P	500	0.01	1.18
	葛泉	C-P	900	4.10	76.34
	临城	C-P	1000	2.94	73.60
峰峰	梧东	C-P	1000	2.02	95.93
	羊东	C-P	1200	10.81	93.35
	大淑村	C-P	1000	8.05	85.25
蓟玉	下仓	C-P	1000	0.63	39.85
开滦	东欢坨	C-P	1000	2.79	72.60
	林、赵深部	C-P	1500	11.06	91.94

（2）唐山、津南低瓦斯带　位于华北裂陷盆地的北部地带，包括，开滦、蓟玉矿区和天津一衡水的津南含煤区。开滦、蓟玉矿区都是低瓦斯矿区，其中，开滦矿区现有统配煤矿8对，有2对矿井（唐山矿和马家沟矿）为高瓦斯突出矿井，矿井相对瓦斯涌出量各为10.69m³/t 和 13.80m³/t。低瓦斯矿井为6对，矿井相对瓦斯涌出量0.22～5.87m³/t，其中赵各庄立井为低瓦斯突出矿井。该矿区已发生煤与瓦斯突出46次，突出强度最大的，发生在马家沟矿，突出强度为255t/次。根据矿区的地质情况和勘探过程中测定的煤层瓦斯含量分析，预测开平向斜和车轴山向斜的西翼，以及赵各庄、林西矿和开平向斜的深部为高瓦斯地带。蓟玉矿区的瓦斯风化带比较深，煤层瓦斯的气体成分以氮气为主，甲烷含量多在40%以下，今后向深部发展，推测以低瓦斯矿井为主。

4.2.4 山西低瓦斯区

该区属于山西隆起，主要矿区和煤田：大同、平朔、轩岗、岚县，东山、西山一古交、霍西、汾西、霍县、阳泉、潞安、晋城，以及浑源、繁峙、五台等。含煤地层为太原组、山

西组、大同组，个别地区为下第三系。该区各矿井的相对瓦斯涌出量目前都比较低，除阳泉、轩岗两矿区为高瓦斯矿区外，其它矿区均为低瓦斯矿区（表4－5）。该区包括以下4个瓦斯带：

表4－5　山西若干矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量（m^3/t）	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量（m^3/t）
大　同	3.83	汾　西	3.16
轩　岗	11.70	阳　泉	29.42
东　山	2.50	潞　安	1.48
西　山	7.02	晋　城	7.15
霍　县	1.69		

（1）浑源、五台低瓦斯带　位于山西隆起的东北部。含煤地层为太原组、山西组、下第三系，后者主要分别在繁峙一带，为橄榄玄武岩、红色粘土和黄色泥岩组成，中夹褐煤层。浑源、五台一矿的相对瓦斯涌出量比较低，据一些地方国营矿井了解约为3.63～7.86m^3/t，属低瓦斯矿井。

（2）阳泉、晋城高瓦斯带　位于山西隆起的东侧，沁水煤田的东、南部，主要矿区有阳泉、左权、潞安和晋城。含煤地层为太原组和山西组。阳泉矿区为一高瓦斯矿区，包括北部的荫营煤矿和南部的南庄煤矿在内，共有统配煤矿15对，其中，高瓦斯矿井12对，矿井相对瓦斯涌出量大部分都在35m^3/t以上，最高的是阳泉三矿的四尺井，为57.14m^3/t，高瓦斯矿井约占矿井总数的80%。低瓦斯矿井3对：阳泉一矿八尺井、三矿竖井和四矿，矿井相对瓦斯涌出量为4.38～6.37m^3/t。在上述矿井中一矿北头嘴井和三矿一号井为煤与瓦斯突出矿井，已发生突出997次，以突出强度50t/次以下的小型突出为主，小型突出有775次，占突出总数的76.7%。突出强度最大的在三矿一号井，突出强度为525t/次。介于潞安和阳泉矿区之间的和顺、左权矿区，据6对主要地方国营矿井统计，高瓦斯矿井和低瓦斯矿井各3对，矿井相对瓦斯涌出量为1.90～25.13m^3/t。潞安矿区现有统配煤矿4对，全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为15.65m^3/t和19.94m^3/t，其余6对矿井为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为2.12～6.20m^3/t，此外，在晋城矿区西部的阳城和沁水矿区，有地方国营矿井7对，4对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是永红矿，为81.82m^3/t，表明晋城矿区的西部，煤层瓦斯含量比较高，阳城一带和沁水矿区很可能为一高瓦斯矿区。该带高瓦斯矿井约占矿井总数的52.5%。阳泉－晋城高瓦斯带北部矿井，相对瓦斯涌出量较高的主要原因是，次一级的褶皱构造比较发育，阳泉矿区及其北部的荫营煤矿，都位于有利于瓦斯聚集的背斜构造的轴部，煤层围岩的渗透性比较差，孔隙度约为4.36%，渗透率小于0.12×10^{-3}mD，排驱压力在60kg/cm^3以上，为极弱渗透和弱渗透岩层。南部的潞安和晋城一带，张性断裂比较发育，煤层瓦斯具有较好的排泄条件，更为主要的是目前采深较小，多在100～200m，而处于瓦斯风化带内。据该带的地质情况和测定的煤层瓦斯含量分析（表4－6），潞安、晋城、左权、和顺向深部发展，将以高瓦斯矿为主，而成为高瓦斯矿区。

表 4-6 山西省若干主要矿区煤层的瓦斯含量和成分

矿区名称	钻孔位置	孔号	层位	煤层	深度(m)	甲烷含量 mL/g(可燃基)	瓦斯成分(%)		
							CH_4	CO_2	N_2
大同	四台沟	239	大同组	8		1.95	35.39	6.35	58.26
		239	大同组	11-3	156.21	1.99	39.43	4.37	56.15
		台2	大同组	12	369.94	1.65	38.89	6.31	54.60
	东周窑	50	大同组	11-1	199.56	0.14	2.27	0.99	96.72
		20	山西组	19	516.11	0.8	9.96	0.98	89.00
西山	杜儿坪	13	山西组	6	641.67	6.44	70.73	1.61	27.49
		15	太原组	6	621.40	8.64	78.93	0.66	19.64
		16	太原组	6	659.28	8.06	72.89	1.09	23.91
	官地矿	官2	山西组	2	510.09	7.88	88.46	0.10	11.14
		官2	太原组	8	585.16	5.44	9305	0.44	6.50
潞安	常村矿	1044	山西组	3	452.00	1.60	18.66	0.24	81.10
	屯留	1077	山西组	3	500	20.31	97.74	0.81	0.91
		1066	太原组	15	506	19.71	95.75	0.24	3.99
	官庄	3191	山西组	3	622	20.89	96.66	0.94	2.40
		3072	山西组	3	632	19.70	97.74	0.81	0.91
		3102	太原组	15	485	20.92	95.75	0.24	3.99
晋城	王根	643	山西组	3	325.81	5.97	83.89	11.04	4.06
		622	太原组	15	194.90	0.63	23.60	10.78	39.73
	野川	Y-11	山西组	3	168.55	0.13	41.60	22.83	35.57
		Y-11	太原组	15	254.98	0.96	37.09	3.74	59.17
	大阳	842	山西组	3	114.42	5.97	58.96	5.08	35.96
		829	太原组	15	114.42	0.53	54.94	2.95	42.11
	成在	513	太原组	15	503	11.17			
	寺河	429	山西组	3	451.78	2.60	80.52	1.90	19.58
		425	太原组	15	345.80	8.15	77.70	6.39	15.91
	上黄崖		山西组	3	500.00	0.99			
			太原组	15	560.00	25.27			
霍西	李雅庄	2-63	山西组	2	376.73	1.23	62.55	0.61	36.84
		2-63	太原组	10	454.82	1.11	3	1.51	95.49
	白龙	BH-30	山西组	2	254.79	0.23	5.90	0.42	93.94
	退沙	725	山西组	2	361.71	3.98	53.82	2.01	44.17

(3) 大同、静乐低瓦斯带 位于山西隆起西北部，包括，大同煤田的大同矿区、宁武煤田的平朔、轩岗、奉贤矿区，含煤地层主要为上石炭统的太原组和下中侏罗统的大同组，后者分布于大同矿区和宁武煤田南部的宁武、静乐间。该带矿井的瓦斯涌出量比较低，其

中，大同矿区据15对统配矿井和20对地方国营矿井统计，30对矿井为低瓦斯矿井，有5对为高瓦斯矿井，分别是沂州窑、晋华宫、云岗、四台沟、卡药沟矿，矿井相对瓦斯涌出量最高的四台沟矿为10.23m³/t；轩岗矿区是晋北地区矿井瓦斯涌出量最高的矿区，现有统配矿井4对和地方矿井3对，焦家寨、刘家梁、黄甲堡矿为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量较高的是黄甲堡矿，为23.05m³/t。

平朔和岚县矿区的一些地方国营矿井如杨涧、峙峪等，全部为低瓦斯矿井。该带北部大部分矿区低瓦斯矿井较多的主要原因是，该矿区目前开采的是大同组的煤层，赋存较浅，大部分位于风化带内。至于该矿区晚石炭世煤层的瓦斯含量问题，鉴于该矿区已属于三叠系的沉积边缘，在侏罗系沉积之前，石炭二叠系已受到了强烈的风化剥蚀，以致于大同组不整合覆于石盒子组的中下部，结合东周窑在孔深516.1m处太原组煤层的甲烷含量仅为0.8mL/g（可燃基），占煤层气体组成的9.96%，瓦斯风化带比较深。

（4）太原、临汾低瓦斯带　位于山西隆起的西部，沿汾渭地堑盆地分布，包括，古交、东山、汾西、霍西矿区。含煤地层为石炭二叠系太原组、山西组。该带现有的大部分矿井都位于瓦斯风化带内，矿井的瓦斯涌出量比较低，据21对统配矿井统计，仅西山—古交矿区的杜儿坪矿和西铭矿为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为12.28m³/t和14.35m³/t，其余19对矿井全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量5m³/t以下。

4.2.5　桌、贺、鄂尔多斯盆地低瓦斯区

该区位于华北西部鄂尔多斯中生代坳陷和边缘新生代地堑，包括，陕甘宁盆地南部的渭北、黄陇煤田；中北部的陕北、东胜、准格尔煤田；东缘的河东煤田和西缘的桌子山、贺兰山煤田。主要矿区有柳林、乡宁、铜川、蒲白、澄合、韩城、焦坪、黄陵、彬长、榆林—神府、石嘴山、石炭井、汝箕沟、灵五、海勃湾、乌海、华亭。其中韩城、焦坪、石嘴山、石炭井、汝箕沟为高瓦斯矿区，海勃湾为预测高瓦斯区，其它矿区为低瓦斯矿区。各矿区平均矿井相对瓦斯涌出量见表4—7。该区包括以下5个瓦斯带：

表4—7　鄂尔多斯盆地、桌子山、贺兰山低瓦斯区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量（m³/t）	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量（m³/t）
韩　城	16.48	石炭井	12.48
焦　坪	13.48	汝箕沟	8.12
铜　川	5.14	乌　海	2.74
蒲　白	4.68	华　亭	1.82
澄　合	5.36	石嘴山	5.65

（1）鄂尔多斯盆地东缘高瓦斯带　位于鄂尔多斯中生代坳陷的东缘，包括，河东煤田的乡宁、离石矿区，以及河曲、保德、兴县、临县一带的勘探区和预测区。含煤地层为石炭二叠系太原组、山西组。该带煤矿开采规模较小，开采深度也比较小，北部的河曲、保德在150～200m左右，中部的兴县、临县、离石、柳林和南部的乡宁、河津一带的矿井，开采深度一般仅数十米，故多为低瓦斯矿井。据22对地方国营矿井统计，高瓦斯矿井4对，位于河曲和保德一带，矿井相对瓦斯涌出量为11.22～12.27m³/t。低瓦斯矿井18对，矿井

相对瓦斯涌出量为 0.7～9m³/t。煤层瓦斯生成和保存条件较好，预测深部为高瓦斯赋存。

（2）渭北低瓦斯带　位于鄂尔多斯中生代坳陷的东南缘，包括，渭北煤田的韩城、澄合、蒲白和铜川矿区。含煤地层为石炭二叠系的太原组和山西组。该带共有统配煤矿 24 对，其中，高瓦斯矿井 7 对，占矿井总数的 29.10%，东部韩城矿区矿井的瓦斯涌出量比较高，在 6 对统配矿井中，有 5 对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是桑树坪斜井，为 47.69m³/t；下峪口矿、桑树坪斜井和辽源矿为煤与瓦斯突出矿井，共发生煤与瓦斯突出 11 次，突出强度最大的，发生在下峪口矿，突出强度为 149t/次。西部的澄合、蒲白和铜川矿区，共有统配煤矿 18 对，铜川的王家河矿为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 22.73m³/t，其它 17 对矿井为低瓦斯矿井。

（3）华亭、黄陵低瓦斯带　位于鄂尔多斯中生代坳陷的西南侧，包括，黄陇煤田的黄陵、焦坪、彬长、华亭矿区。含煤地层为下中侏罗统的延安组。焦坪矿区是一个高瓦斯矿区，只有焦坪平硐为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 4.17m³/t，矿井相对瓦斯涌出量较高的陈家山矿为 20.85m³/t。该矿区煤层的瓦斯含量比较低，个别样品为 4.23mL/g（可燃基），一般都在 1mL/g（可燃基）以下。导致矿井相对瓦斯涌出量偏高的主要原因，与该矿区煤矿床为油气共生有关，即部分天然气从煤层的围岩涌入巷道，加大了矿井的瓦斯涌出量。黄陵矿区现有的生产矿井多位于矿区浅部，属低瓦斯矿井，部分矿井为高瓦斯矿井。西部的华亭矿区现有东峡、安口、杨家沟 3 对地方国营矿井，属低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 0.71～3.91m³/t。在华亭矿区深部 478.02～754.53m 测定的煤层瓦斯含量为 0.44～1.26mL/g（可燃基）。此外在部分样品中测定的重烃含量比较高，约占烃类气体的 7%左右。

（4）东胜、陕北低瓦斯带　位于鄂尔多斯中生代坳陷的北部，包括，内蒙古的东胜、准格尔和陕北煤田。含煤地层为石炭二叠系的太原组、山西组，上三叠统的瓦窑堡组和下中侏罗统的延安组。其中，石炭二叠纪含煤地层主要分布于准格尔煤田和陕北的府谷、吴堡等地；瓦窑堡组主要分布于延安—志丹一线的东北和子长的西南一带；延安组分布广泛，是东胜和陕北煤田的主要含煤地层。目前，上述各煤田只有陕北煤田的榆林—神府矿区进行露天开采外，大部分地区尚未进行大规模的开发。据东胜、准格尔和陕北煤田的十余对地方矿井了解，瓦斯涌出量比较低，为低瓦斯矿井。不过该带的延安组和瓦窑堡组在某些地区也可能为煤、油、气共生，而使矿井的瓦斯涌出量增大。

（5）桌子山、贺兰山高瓦斯带　位于鄂尔多斯边缘新生代地堑的中、北部，包括，内蒙古的海勃湾、乌达矿区，宁夏的石嘴山、石炭井、汝箕沟和灵武矿区。含煤地层为石炭二叠系的太原组、山西组和下中侏罗统的延安组，后者分布于汝箕沟和灵武矿区中部的鸳鸯湖—荫城一带。石嘴山矿区是一个高瓦斯突出矿区，有 2 对统配矿井，矿井相对瓦斯涌出量都在 10m³/t 以上，其中一矿为突出矿井。石炭井矿区是一个高瓦斯突出矿区，现有的 5 对统配矿井中 2 对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量较高的是乌兰矿，为 19.92m³/t，是一个煤与瓦斯突出矿井，其余 3 对为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 4～5m³/t。汝箕沟矿区为一高瓦斯矿区，现有统配矿井 1 对和地方国营矿井 3 对，其中 2 对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量较高的卫东矿，为 32.26m³/t。海勃湾是一个预测高瓦斯矿区，现有 5 对统配矿井和 4 对地方矿井，其中，3 对高瓦斯矿井，6 对低瓦斯矿井，随着深部开采，推测高瓦斯矿井增多。乌达矿区有统配矿井 3 对，全为低瓦斯矿井。灵武矿区在碎石井瓦斯

含量为 0.61～10.25mL/g（可燃基），大约在－540m 水平以上为低瓦斯矿井，以下预测以高瓦斯矿井为主。

4.2.6 豫西高瓦斯区

该区位于华北南缘中元古裂谷带的北侧，包括，豫西煤田的荥巩、偃龙、陕渑—义马、郑州、登封、宜洛、禹县、临汝、平顶山和梁韩矿区。含煤地层北部为山西组、太原组和义马组，南部主要为山西组和石盒子组。荥巩、偃龙、郑州、登封、宜洛、平顶山矿区均为高瓦斯矿区，禹县预测为高瓦斯矿区，陕渑—义马、临汝、梁韩矿区均属于低瓦斯矿区。各矿区平均矿井相对瓦斯涌出量见表 4－8。该矿区包括以下 3 个瓦斯带：

表 4－8 豫西若干主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)
荥　巩	40～60	陕渑—义马	4.54
宜　洛	15.08	郑　州	6.70
偃　龙	12.00	平顶山	6.30

（1）义马、新安低瓦斯带　位于华北南缘中元古裂谷带豫西地带，包括，新安和陕渑—义马矿区。含煤地层为山西组、太原组和义马组，后者分布于义马矿区。该带有统配矿井 9 对和 5 对地方矿井，全为低瓦斯矿井。矿井相对瓦斯涌出量较高的义马的常村矿和耿村矿，分别为 9.21m^3/t 和 7.96m^3/t。

（2）宜洛—荥巩高瓦斯带　位于华北南缘中元古裂谷带的北侧，包括，荥巩、偃龙和宜洛矿区。含煤地层主要为山西组和太原组。宜洛地区现有统配矿井 2 对，都是高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量较高的是李沟矿，为 18.67m^3/t，井发生过数次煤与瓦斯突出。偃龙矿区有地方国营矿井 4 对，1 对为高瓦斯矿井，3 对为高瓦斯突出矿井，矿井相对瓦斯涌出量在矿区西部的龙门矿为 16m^3/t，在东部的涉村一带最高为 31m^3/t。荥巩矿区有地方国营矿井 4 对，全部为高瓦斯突出矿井，矿井相对瓦斯涌出量在一水平，为 40～50m^3/t，二水平，为 50～60m^3/t。上述矿井已发生煤与瓦斯突出 354 次，突出强度最大的，发生在偃龙矿区的龙门矿井，突出强度为 856t/次。

（3）临汝、平顶山、郑州高瓦斯带　位于华北南缘中元古裂谷带的中南部，包括，郑州、登封、禹县、临汝、平顶山和韩梁矿区。含煤地层为山西组和石盒子组。平顶山矿区是一个高瓦斯矿区，现有统配矿井 12 对，其中高瓦斯矿井 5 对，煤与瓦斯突出矿井 4 对，共发生突出 19 次，最大突出强度 424t/次，高瓦斯矿井和突出矿井占矿井总数的 50%，矿井相对瓦斯涌出量较高的是十一矿，为 11.36m^3/t 。郑州矿区有统配矿井 6 对和 1 对地方矿井，高瓦斯矿井 3 对，以芦沟矿的矿井相对瓦斯涌出量较高，为 11.47m^3/t，井发生过 3 次煤与瓦斯突出，最大的一次突出强度约 350t/次。登封矿区有 2 对地方国营矿井，全是高瓦斯矿井。韩梁矿区有 2 对统配矿井和 2 对地方国营矿井，全属低瓦斯矿井。临汝矿区有 5 对地方国营矿井，全属低瓦斯矿井。禹县有地方国营矿井 8 对，其中有 2 对高瓦斯矿井和 1 对突出矿井（方山矿），在 1983 年发生过小型突出，其余 5 对为低瓦斯矿井。

4.2.7 两淮、豫东高瓦斯区

该区位于鲁淮断隆南段和华北南缘中元古裂谷带的东段，包括，淮南煤田的潘谢、淮南矿区，淮北煤田的宿县、临涣、濉萧矿区和豫东的永夏煤田。含煤地层主要为山西组和石盒子组。该区南部位于华北南缘中元古裂谷带的几个矿区均为高瓦斯突出矿区；该区北部位于鲁淮断隆的濉萧、永夏矿区属于低瓦斯矿区。该区分以下 3 个带：

(1) 淮南、潘谢高瓦斯带　位于华北南缘中元古裂谷带的东南端，包括淮南、潘谢两矿井。淮南现有统配矿井 9 对，6 对为高瓦斯矿井，3 对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的 66%，矿井相对瓦斯涌出量最高的是谢一矿，为 23.25m^3/t。在高瓦斯矿井中，新庄孜矿、谢一矿和谢三矿 4 对矿井为煤与瓦斯突出矿井，始突深度最小的是谢二矿，为 155m，其余 3 对在 350～400m 之间。现已发生煤与瓦斯突出 54 次 (1988 年)，突出强度以小型为主，强度最大的突出发生在谢二矿，突出强度为 300t/次左右。潘谢矿区现有生产矿井 1 对，为潘一矿；在建井的 3 对，为潘二、潘三和谢桥矿；已经或正在进行勘探工作的井田有 8 个。其中，潘一矿为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量 10.26m^3/t，3 对在建井的或已经进行过精查勘探的顾桥、张集和王庄三井田，煤层的瓦斯含量为 0.01～13.21mL/g (可燃基)。

(2) 濉萧、永夏低瓦斯带　位于鲁淮断隆的西南部，包括，濉萧矿区和永夏煤田。濉萧矿区是一低瓦斯矿区，目前有统配矿井和地方国营矿井 15 对，其中，5 对为高瓦斯矿井，为袁庄、烈山、朔里、相城矿和刘桥一矿，矿井相对瓦斯涌出量为 11.2～13.16m^3/t；其余 10 对矿井全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 0.68～7.32m^3/t。永夏煤田是一个正在开发的煤田，据勘探资料和与临近的濉萧矿区类比，浅部开采水平瓦斯涌出量低，目前有 1 对统配矿井和 2 对地方国营矿井正在进行开采，均为低瓦斯矿井。

(3) 临涣、宿县高瓦斯带　位于鲁淮断隆的南端，包括，临涣、宿县两矿区。临涣和宿县矿区都是正在开发的高瓦斯矿区。临涣高瓦斯矿区目前有海孜、临涣、童亭 3 对在建矿井和介沟等井田或勘探区。海孜矿相对瓦斯涌出量为 39.52m^3/t，井发生过两次煤与瓦斯突出。临涣矿相对瓦斯涌出量为 20m^3/t，在开拓过程中也发生过煤与瓦斯突出。已经进行过详、精查勘探的介沟、杨柳、孙町、任楼、许町井田，据测定的煤层瓦斯含量，预测为高瓦斯矿井。宿县高瓦斯矿区，目前有朱仙庄、芦岭矿 2 对统配矿井和桃园矿在建，以及祁南、祁东两个精查勘探区。朱仙和芦岭矿均为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量分别为 18.6m^3/t 和 14.7m^3/t。芦岭矿是煤与瓦斯突出矿井，共发生过 13 次煤与瓦斯突出，最大突出强度为 314t/次。桃园矿是一个低瓦斯矿井。祁东和祁南两个精查勘探区预测为高瓦斯矿井。

淮南、淮北较之鲁西一带矿井瓦斯涌出量较高的主要原因；两淮地区虽然也缺失三叠系沉积，但总的看来在中生代期间，石炭二叠纪含煤地层受到的剥蚀程度没有鲁西一带强烈，煤层上覆的二叠纪地层厚度较大，不利于煤层瓦斯的排泄。此外，淮北煤田的南部和淮南煤田褶皱构造、逆断层和逆掩断层比较发育，从宿县、临涣、淮南、潘谢 4 个高瓦斯矿区中，高瓦斯矿井和突出矿井多分布在逆掩断层附近，或逆掩断层之下的向斜构造的翼部或背斜构造的转折端，有利于煤层瓦斯聚集和保存。

第五章　华南地区煤层瓦斯分布特征

华南地区系指秦岭、大别山以南，横断山脉以东，南到国境线，东到台湾海峡的中国东南部地区，包括云南、四川的大部，江苏、安徽的南部和黔、鄂、湘、桂、粤、闽、赣、浙和海南诸省（区）的全部。

5.1　煤层瓦斯形成和分布的地质背景

华南地区在大地构造上属于华南板块，主要包括扬子陆块和南华活动带。扬子陆块经澄江运动最终形成后，自震旦纪到志留纪进入了地台稳定发展阶段，沉积了主要为碎屑岩与冰碛层的震旦系和以浅海相碳酸盐岩、碎屑岩为主的寒武系—志留系沉积盖层。与此同时位于南侧的南华活动带则处于地槽发育阶段，直到志留纪末，在晚期加里东运动影响下，才褶皱隆起转化为地台，与扬子陆块合并一体，进入统一的华南板块发展阶段。扬子陆块受晚期加里东运动的影响也普遍上升，在华南地区的西部形成了以四川盆地为主体的上扬子古陆；东部下扬子地区大部分也处于隆起状态。

泥盆纪，随着地壳裂陷，海水自西南向北东侵漫，地层渐次向北东发生超覆。泥盆纪—石炭纪，川滇黔桂地区的裂陷作用形成了独特的台沟古地理景观。泥盆纪末在华南地区没有发生重要的地壳运动，石炭系常呈假整合或连续沉积在泥盆系之上。石炭纪初期，华南地区发生了岩关期的海进，到大塘阶海侵的范围进一步扩大，沉积了石灰岩、白云岩、白云质灰岩等海相碳酸盐岩。之后，发生了短暂的海退，随着海水的退出，在邻近古陆边缘的滨海地带，堆积了早石炭世的含煤沉积：主要有滇东的万寿山组；黔东南、黔西和滇东的旧司组；桂北的寺门段；湘中、粤北的测水段；赣东南、赣中的梓山组；闽西南的林地组；粤东的忠信组；苏、皖及浙北的高丽山组；以测水组含煤较好。中、晚石炭世，华南地区再度发生大规模的海侵，沉积了浅海相的碳酸盐岩。早二叠世，海水继续侵入，并在海侵的初期由海向陆过渡的地带堆积了早二叠世早期海陆交替相的含煤地层梁山组。二叠纪，川滇黔桂地区受特提斯洋活动影响，张裂加剧，喷溢了大面积的峨嵋山玄武岩。在华夏褶皱等隆起地带的边缘，随着茅口期的海退，堆积了早二叠世晚期的含煤地层童子岩组。晚二叠世早期，华南地区的海陆分布虽与早二叠世相似，但海域缩小，陆地扩大。此时华南为热带雨林地带，植物繁茂，是重要的成煤时期。在广阔的滨海地带堆积了华南地区分布最广，也是最重要的含煤地层龙潭组。与其层位相当的含煤地层还有闽南—粤东的翠屏山组；鄂西南、湘西北、黔东等地的吴家坪组；桂中、桂西南等地的合山组。但含煤条件远不如龙潭组。晚二叠世晚期，华南地区又普遍沦为浅海，堆积了以灰岩和硅质岩为主的海相沉积。这次海侵持续时间较长，直到中三叠世，尤其是华南西部裂陷加剧，形成了右江裂陷带。中三叠世末发生的印支运动是一场重要的造山运动，塔里木—华北、藏滇、印支等诸板块或陆块向华南大陆压缩，东南侧的古太平洋壳向大陆俯冲，造山作用自华南大陆周边渐次向板内发展。中下扬子地区造山作用主要发生于三叠纪末。

在一些濒太平洋的近海盆地和海湾地带沉积了上三叠统的含煤地层，如闽、浙地区的焦坑组、乌灶组；赣中乐平至萍乡一带的安源组；湘南至粤北、粤东一带的艮口群；湘东南资汝矿区的出炭垅组。相比之下，安源组含煤性较好。在华南地区的西部，雪峰—武陵隆起以西的四川盆地，晚三叠世晚期较为广泛地沉积了潟湖相、沼泽相、河流相的含煤地层须家河组，含煤性较好。在川东达县—永荣一带，含煤7～25层，煤层总厚度10m左右；在龙门山—雅荣一带，含薄煤数十层至百余层、含煤总厚度10m左右。在康滇地轴附近，沉积基底大致由东南向西北倾斜，西部盐源一带为滨海环境，沉积了舍木笼组和博大组；东侧的盐边、渡口、永仁一带为内陆环境，沉积了川滇交界较重要的含煤地层大荞地组和大菁组；滇中一平浪矿区和楚雄矿区为河流相和湖泊相的含煤地层一平浪群。

发生于侏罗纪和白垩纪的燕山运动，对华南地区的沉积作用具有重要影响，大约在早中侏罗世，华南板块东部海域继续向太平洋退缩，除在粤北曲仁至湘南汝城和粤东广花至闽浙沿海有部分早中侏罗世滨海相和浅海相沉积外，其余地区为陆相沉积。

华南大陆在燕山阶段，受到北侧华北陆块的挤压，而更重要的动力是来自特提斯板块和库拉—太平洋板块的俯冲转换作用。燕山早、中期，为板内挤压碎裂和地壳深部重熔时期，于侏罗纪早、中世，在湘中至武夷山之间形成了NNE—NE向的诸广云开构造隆起和板内挤压陆壳重熔型花岗岩带，即著名的南岭花岗岩带。盖层褶皱作用在印支褶皱基础上迭次向四川前陆盆地推进，先后两期褶皱往往重接或斜接，叠加变形，一些地区的印支褶皱由隔挡式转变为城垛式。燕山中、晚期（晚侏罗—早白垩世），太平洋—库拉板块沿玉里带俯冲，造山带活动中心向沿海方向迁移，形成了武夷—戴云构造隆起花岗岩带和浙闽粤沿海火山弧、武夷山以东的加里东基底受到强烈的花岗岩化与晚古生代和中生代的盖层一起向西逆掩。在苏、浙、皖等下扬子一带形成了一些低角度的逆掩断层或推覆构造，以及呈NNE方向展布的左行平移断层。此时郯庐断裂带表现为左旋走滑性质，区内新生和复活的这类断裂有溆浦—三江（19）、修水—铜鼓（16）、萍乡—郴州、湖口—新干、宜黄—宁都（25）、屯溪—安远、光泽—武平（27）等断裂带。参见图1—3。它们与两侧岩块的推覆作用有密切关联。伴随大规模的左旋平移，大别山、九岭山再次向南逆冲；雪峰、天目、宁镇等地区向北推覆等等，这些都是造成华南地区晚古生代和晚三叠纪的煤层瓦斯保存条件较好、煤层构造变形强烈、构造煤特别发育、大范围的矿井为高瓦斯涌出和发生煤与瓦斯突出的原因。发生在侏罗纪、白垩纪的燕山期岩浆活动，对华南地区特别是东部地区晚古生代和晚三叠纪的煤变质作用和瓦斯的形成和赋存都具有重要影响。在

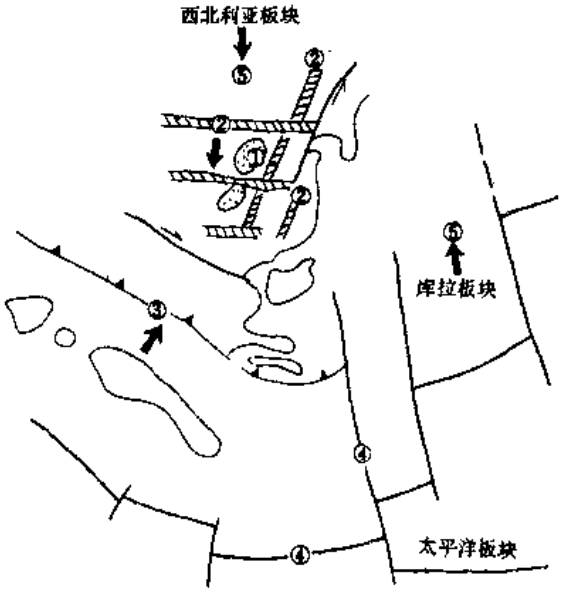


图5-1 燕山造山期构造动力示意图

（古大陆轮廓：据Barron，1981，转引自李思田，1990）

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，

—北京：地质出版社，1994，9）

①盆地；②造山带；③板块俯冲带；④转换断层；

⑤板块或块体运动方向

深成煤化作用基础上，又进一步受到岩浆热变质煤化作用，如湘中南至粤北一带的无烟煤的形成；赣中晚三叠世煤层高变质烟煤的形成；闽西南、粤北等地超无烟煤的形成等。燕山期构造格局所反映的构造应力场（图 5－1）。

华南西部在燕山运动末期至喜马拉雅运动早期，伴随特提斯洋关闭，印度板块持续向北推挤，进一步受到挤压，也表现为差异性升降。四川盆地自早侏罗世至早白垩世大致继承了晚三叠世时的沉积范围，沉积了早侏罗世自流井组、白田坝组；中侏罗世千佛崖组、下沙溪庙组，以及晚侏罗世的红色岩系。并在龙门山前缘堆积了 1400 余米厚的早白垩世至早第三纪沉积。渐新世，华南西部形成最后一期的盖层褶皱和逆掩推覆构造，哀牢山—龙门山推覆构造带此时最后完成。

华南大陆西部石炭系、二叠系和晚三叠统的煤层形成之后，长时期持续坳陷，盖层连续沉积，煤层瓦斯的生成和保存条件极其优越。又从印支运动开始，经燕山运动至喜马拉雅运动，长时期经受四周构造挤压作用，从四川盆地到黔西、滇东大范围地带，形成了丰富的煤层气资源，80%以上的矿井为高瓦斯矿井；几乎 50%以上的矿井发生煤与瓦斯突出。燕山运动晚期，华南大陆东部地表处于造山后松驰阶段，又受西侧推挤、北侧南冲压力，陆缘向东南大洋方向离散。区内上地幔上隆，地壳减薄，发育了高角度正断层和铲式滑脱断裂，迁就多组断面，形成了一系列断陷盆地，在粤、桂沿海茂名、百色、南宁、合浦等地形成第三纪含煤盆地，堆积了中始新世—渐新世的含煤地层。

5.2 煤层瓦斯分布特征

华南地区是中国矿井瓦斯涌出量比较高，煤与瓦斯突出比较严重的地区，据 1065 对统配矿井和主要地方矿井统计，高瓦斯矿井为 336 余对，高瓦斯突出矿井为 180 余对，低瓦斯突出矿井为 3 对，高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井约占矿井总数的 49%。在 183 对煤与瓦斯突出矿井中，有特大型突出矿井 26 对。183 对突出矿井共发生煤与瓦斯突出 6909 次，其中大型突出为 56 次，最大突出发生在天府矿区的三汇一矿，突出强度为 12870t/次。该区平均矿井相对瓦斯涌出量在 20m³/t 左右，最高的是马田煤矿的艾和山井，为 198.98m³/t。依据地质背景，含煤地层的沉积特征与矿井相对瓦斯涌出量和煤层瓦斯含量的高低，华南地区可以划分为以下 7 个瓦斯区和 35 个瓦斯带。

5.2.1 滇中、川西南低瓦斯区

该区位于华南陆块的西南部，大地构造单元位于康滇地块，主要矿区和煤田有渡口、一平浪、楚雄、祥云、盐源、华坪、大理、昆明、开远、文山、昭通、会泽等。含煤地层有下石炭统、上二叠统、上三叠统和上第三系，以上三叠统和上第三系为主。该区除渡口为高瓦斯矿区外，其它全为低瓦斯矿区和煤田。在现有的 43 对矿井中，3 对为高瓦斯矿井，40 对为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最大的是沿江矿，为 10.35m³/t，其它大多数矿井的相对瓦斯涌出量都在 5m³/t 以下。3 对高瓦斯矿井全部位于渡口矿区，其中有 2 对矿井为煤与瓦斯突出矿井，为沿江矿和滑石板矿。此外在祥云煤田有 1 对低瓦斯突出矿井，为蚂蝗庆矿。该区可以进一步划分为以下 4 个瓦斯带：

（1）昭通、会泽低瓦斯带　位于康滇地块的东缘，包括昭通矿区和会泽煤田。含煤地层为万寿山组、宣威组和上第三系，后者是该带的主要含煤地层，煤层埋藏的比较浅，现

有 3 对低瓦斯矿井。

(2) 西昌、昆明、开远低瓦斯带　位于康滇地块中部，包括，昆明、开远、文山煤田和西昌、布拖等预测区。含煤地层为下石炭统、上二叠统、上三叠统和上第三系，以后者分布最广，是该带的主要含煤地层。现有矿井 20 对，全为低瓦斯矿井。

(3) 渡口、楚雄、祥云低瓦斯带　位于康滇地块西侧，包括，渡口、华坪、一平浪、楚雄、祥云矿区和煤田。含煤地层主要为大荞地组、大箐组和一平浪群。渡口矿区有 3 对高瓦斯矿井，其中 2 对为煤与瓦斯突出矿井，已发生煤与瓦斯突出 20 余次，均属小型突出。一平浪、楚雄、祥云、华坪矿区有 14 对矿井，全为低瓦斯矿井，其中祥云的蚂蝗厍矿曾发生过小型煤与瓦斯突出。

(4) 盐源、大理低瓦斯带　位于康滇地块西部，包括，盐源、大理、华坪矿区和煤田。含煤地层主要为上三叠统和上第三系。该带目前仅在大理煤田有 4 对矿井，全为低瓦斯矿井。

5.2.2　川南、黔北、黔西高瓦斯区

该区位于上扬子地块的南部和右江（印支）褶皱带的北部，包括，六枝、水城、盘江、恩洪、圭山、南桐、松藻、桐梓、遵义 9 个高瓦斯矿区和煤田；羊场—田坝、来宾、宝山、倘堂、老厂、兴仁、织金—纳雍、毕节、镇雄 9 个预测高瓦斯矿区；后所、庆云、威宁、长坡 4 个预测低瓦斯矿区。其中，六枝、水城、盘江、恩洪、南桐、松藻、桐梓、遵义 8 个矿区均有煤与瓦斯突出矿区。含煤地层为二叠系龙潭组和宣威组。该区目前有 99 对矿井，74 对矿井为高瓦斯矿井，占矿井总数的 75%，25 对矿井为低瓦斯矿井；在高瓦斯矿井中有煤与瓦斯突出矿井 27 对，占矿井总数的 27%，占高瓦斯矿井数的 36%。已发生煤与瓦斯突出 1469 次，多为中型和大型突出，超过千吨的特大型突出有 10 次以上，最大的突出发生在南桐矿区的鱼田堡矿，突出强度为 8327.5t/次。矿井相对瓦斯涌出量最高的是松藻的石壕矿，为 86m³/t，各矿区平均矿井相对瓦斯涌出量见表 5—1。该区可以划分为以下 3 个瓦斯带：

表 5—1　川南、黔北、黔西、滇东主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)
六　枝	57.89	南　桐	35.51
盘　江	19.02	松　藻	59.67
水　城	26.62	桐　梓	50.2
恩　洪	24.79	羊场—田坝	9.70

(1) 威宁、宣威、圭山高瓦斯带　位于康滇地块东侧，包括，恩洪、圭山、来宾、宝山、羊场—田坝、倘堂、老厂、后所、庆云、长坡、威宁 11 个矿区和煤田。主要含煤地层为二叠系宣威组。该带现有矿井 20 对，其中，高瓦斯矿井，为 9 对，高瓦斯突出矿井 1 对，低瓦斯矿井 10 对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 50%。恩洪矿区煤层的瓦斯含量比较高，一般都在 10m³/t（可燃基）以上，最高为 30.32m³/t（可燃基），5 对矿井全为高瓦斯矿井，已发生 2 次突出，最大突出强度为 80t/次。圭山矿区现有 4 对矿井，3 对为

高瓦斯矿井，1 对为低瓦斯矿井。老厂、羊场—田坝、来宾、倘堂、宝山预测为高瓦斯矿区，现有的一些矿井低瓦斯矿井居多，但测定的煤层瓦斯含量一般都在 5m³/t（可燃基）以上；在羊场—田坝预测高瓦斯矿区，煤层瓦斯含量最高为 21.88m³/t（可燃基）。后所矿区目前主要在西部开采，有 2 对矿井为低瓦斯矿井，但鉴于这一带煤层赋存比较浅，埋深在 300m 以内，测定的煤层瓦斯成分中氮气在 90%以上，为瓦斯风化带；该区的东部煤层赋存较深，推测为高瓦斯矿井。庆云矿区也是位于煤层的瓦斯风化带内，为一低瓦斯矿区。

(2)六盘水高瓦斯带　位于上扬子地块的南部和右江褶皱带的北部交界部位，包括，六枝、盘江、水城、兴仁四个矿区和煤田。含煤地层为龙潭组。该带现有矿井 30 对，其中高瓦斯矿井为 13 对，高瓦斯突出矿井为 13 对，低瓦斯矿井为 4 对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 86%。13 对突出矿井已发生煤与瓦斯突出 375 次，最大突出强度为 2000t/次。六盘水地区是黔西龙潭组的富煤中心，煤层层数多，厚度大，煤的成熟度比较高，在煤的显微组分中镜质组的含量占优势，部分地区如水城一带壳质组的含量最高达到 45.57%，煤层的围岩以细碎屑岩为主，在含煤地层之上沉积了厚度达 2000～4000m 的盖层，从而使该带的煤层瓦斯具有较好的形成条件和保存条件，这是该带煤层瓦斯含量较高的主要原因。另外导致该带煤与瓦斯突出矿井较多的主要原因与这些矿区的压性和压扭性构造比较发育，有利于构造煤的形成和高压瓦斯的聚积，以及该带煤层的瓦斯含量较高有关。各矿区的煤层瓦斯情况是：六枝矿区煤层的瓦斯含量为 11.56～23.2m³/t（可燃基），有 7 对统配矿井和 1 对地方矿井，均为高瓦斯突出矿井，已发生煤与瓦斯突出 297 次，最大突出发生在大用矿，突出强度为 2000t/次；水城矿区煤层瓦斯含量为 10～30.23m³/t（可燃基），有 8 对统配矿井全为高瓦斯矿井，其中 3 对为煤与瓦斯突出矿井，已发生突出 16 次，为中小型突出，最大突出发生在汪家寨矿，突出强度为 290t/次；盘江矿区煤层的瓦斯含量为 5.72～12.35m³/t（可燃基），有 5 对统配矿井和 3 对地方矿井，其中 6 对为高瓦斯矿井，1 对为高瓦斯突出矿井，1 对为低瓦斯突出矿井（火铺矿），高瓦斯突出矿井最大的突出强度为 540t，低瓦斯突出矿井的最大突出强度为 340t/次；兴仁矿区现有 4 对地方矿井，为低瓦斯矿井。

(3)川南、黔北、滇东北高瓦斯带　位于上扬子地块的南侧，包括，南桐、松藻、桐梓、古溆、毕节、织金—纳雍、镇雄矿区和遵义煤田的西半部，全部为高瓦斯矿区和煤田。含煤地层主要为龙潭组，其次是宣威组。该带现有矿井 49 对，其中高瓦斯矿井为 25 对，高瓦斯突出矿井为 13 对，低瓦斯矿井为 11 对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 77.5%。13 对高瓦斯突出矿井已发生煤与瓦斯突出 1132 次，最大突出强度为 8327.5t/次。南桐矿区煤层的瓦斯含量为 6.17～19.88m³/t（可燃基），该矿区共有 15 对矿井，高瓦斯矿井 8 对，高瓦斯突出矿井 5 对，低瓦斯矿井 2 对，突出矿井中有 4 对属特大型突出矿井，该矿区共发生煤与瓦斯突出 915 次，突出总煤量 59592t；松藻矿区煤层的瓦斯含量为 17～29m³/t（可燃基），现有 5 对统配矿井全为高瓦斯突出矿井，已发生煤与瓦斯突出 169 次，最大突出强度为 1000t/次；桐梓矿区有统配矿井 1 对，为高瓦斯突出矿井，已发生煤与瓦斯突出 40 余次，最大突出强度为 264t/次，有地方矿井 5 对，其中 2 对为高瓦斯矿井，3 对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 50%；遵义煤田西半部有地方矿井 4 对，全为为高瓦斯矿井，其中 1 对为煤与瓦斯矿井；织金—纳雍矿区有 8 对地方国营矿井，3 对为高瓦斯矿井，5 对为低瓦斯矿井。该矿区煤层的瓦斯含量比较高为 6.58～

21.24m³/t（可燃基），将来向深部发展，矿井的瓦斯涌出量将会增高，而为一高瓦斯矿区。

5.2.3 四川盆地、龙门山、大巴山高瓦斯区

该区位于上扬子地块的四川盆地，包括，华蓥山、天府、龙门山、乐威、芙蓉5个高瓦斯突出矿区；永荣、雅荣、荆当、秭归4个高瓦斯矿区；达县、川东、保康、远安、广旺、镇巴6个低瓦斯煤田和矿区；以及筠连预测高瓦斯煤田。含煤地层为梁山组、龙潭组、马鞍塘组、小塘子组、须家河组和沙镇溪组，以龙潭组、须家河组为主。龙潭组主要分布在华蓥山以东地区，在华蓥山以西龙门山以东分布的含煤地层主要是马鞍塘组，小塘子组和须家河组。该区目前有矿井263对，其中高瓦斯矿井为118对，高瓦斯突出矿井为23对，低瓦斯矿井为122对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的54%。在23对高瓦斯突出矿井中，有4对特大型煤与瓦斯突出矿井；天府矿区的三汇一矿、磨心坡矿、中梁山南井和华蓥山矿区的高顶山矿。23对高突出矿井已发生煤与瓦斯突出521次，最大突出发生在三汇一矿，突出强度为12870t/次，瓦斯涌出量为140万m³/t。矿井相对瓦斯涌出量最高的是永荣矿区的曾家山矿为105.1m³/t，各主要矿区的平均矿井相对瓦斯涌出量见表5—2。该区可以进一步划分为以下7个瓦斯带：

表5—2 四川盆地、龙门山、大巴山主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)
天　府	26.59	雅　荣	28.06
华蓥山	26.07	龙门山	23.46
永　荣	39.25	芙　蓉	21.52
乐　威	27.74	广　旺	4.275

（1）华蓥山、永荣高瓦斯带　位于上扬子地块四川盆地的东侧，包括，华蓥山、天府、永荣、达县矿区。含煤地层为龙潭组和须家河组。该带目前有矿井112对，其中高瓦斯矿井45对，高瓦斯突出矿井为13对，低瓦斯矿井为54对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的52%。13对突出矿井共发生煤与瓦斯突出339次。矿井的分布情况是天府矿区有21对矿井，高瓦斯矿井为7对，高瓦斯突出矿井为8对，低瓦斯矿井为6对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的71%。8对突出矿井共发生煤与瓦斯突出202次，特大型突出主要发生在三汇一矿，自1975年8月到1983年1月发生突出3次，突出点主要位于华蓥山断裂及其次一级的逆断层附近（图5—2）。华蓥山矿区有9对矿井，全为高瓦斯矿井，其中5对为突出矿井，共发生煤与瓦斯突出137次，最大突出强度为1000t/次。永荣矿区有31对矿井，全是高瓦斯矿井。达县煤田有16对地方国营矿井，4对为高瓦斯矿井，12对为低瓦斯矿井。永荣矿区和达县煤田都是开采须家河组的煤层，前者煤层围岩中泥岩、粉砂岩比较发育，占70%；达县矿区的须家河组中粗粒砂岩增多，砂岩含量在60%以上，煤层围岩的透气性比较好，这是矿井瓦斯涌出量差异较大的原因之一。

（2）芙蓉、筠连高瓦斯带　位于上扬子地块的西南侧，包括，芙蓉矿区和筠连煤田。芙蓉矿区含煤地层为龙潭组筠连煤田含煤地层为宣威组。芙蓉矿区有7对矿井，1对为高瓦斯矿井，4对为高瓦斯突出矿井，有2对低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总

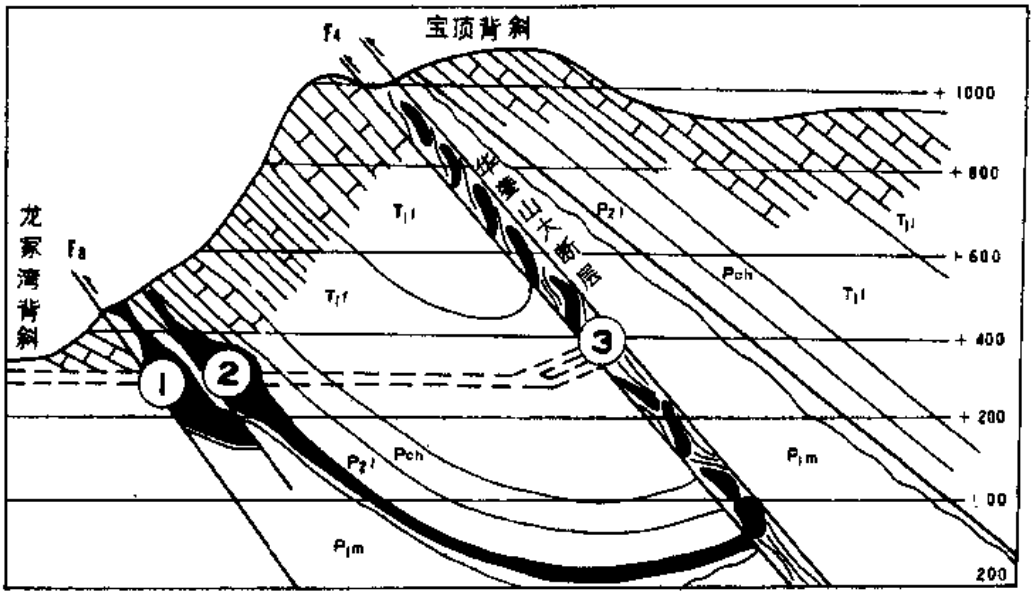


图 5－2　天府矿区 3 次特大型突出与地质构造的关系

（据唐洪友）

（1）第一次特大突出发生于 1975 年 8 月 8 日，突出强度为 12780t/次，瓦斯涌出量 140 万 m^3/t。

（2）第二次特大突出发生于 1977 年 7 月 5 日，突出强度为 2807t/次，瓦斯涌出量 60 万 m^3/t。

（3）第三次特大突出发生于 1985 年 1 月 24 日，突出强度为 5000t/次，瓦斯涌出量 44.5 万 m^3/t。

数的 71%。4 对突出矿井共发生煤与瓦斯突出 109 次，最大的突出强度为 820t/次。煤与瓦斯突出主要发生在矿区内比较发育的压性和压扭性断裂带附近。筠连煤田煤层瓦斯含量为 4.8～27.5mL/g（可燃基），含煤地层宣威组煤层的围岩中细碎屑岩比较发育，煤的煤化程度高，在含煤地层之上又沉积了较厚的中生界盖层，预测为一高瓦斯煤田。

（3）雅荣、乐威高瓦斯带　位于上扬子地块的西南侧，包括，雅荣、乐威两矿区。含煤地层主要为须家河组。该带有矿井 39 对，其中高瓦斯矿井为 30 对，高瓦斯突出矿井为 1 对，低瓦斯矿井为 8 对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 79%。乐威矿区有 32 对矿井，25 对为高瓦斯矿井，1 对为高瓦斯突出矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 81%，6 对为低瓦斯矿井。雅荣矿区有 7 对矿井，5 对为高瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的 71%。

（4）川东低瓦斯带　位于上扬于地块的东部，主要有川东煤田。含煤地层为龙潭组和须家河组。川东煤田有 21 对地方国营矿井，5 对为高瓦斯矿井，16 对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的 24%。高瓦斯矿井主要是开采龙潭组煤层，低瓦斯矿井主要是开采须家河组煤层，这主要是该煤田的须家河组粗碎屑岩比较发育，砂泥岩比普遍在 10 以上，具有良好的透气性，另外，须家河组的盖层较薄，一部分瓦斯已释放。

（5）龙门山高瓦斯带　位于上扬于地块的西缘龙门山断裂带的附近，主要为龙门山煤田。含煤地层为龙潭组、马鞍塘组、小塘子组和须家河组。龙门山煤田有 35 对矿井，26 对为高瓦斯矿井，5 对为高瓦斯突出矿井，4 对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 89%。5 对突出矿井共发生煤与瓦斯突出 80 次，主要为中小型突出，最大突出强度为 155t/次。

（6）广旺、镇巴低瓦斯带　位于上扬子地块北缘西段大巴山一带，包括，广旺矿区和镇巴预测区。广旺矿区的含煤地层为小塘子组和须家河组，洪积相和冲积相的砂砾岩比较发育。该矿区现有19对矿井，低瓦斯矿井为17对，高瓦斯矿井为2对，高瓦斯矿井约占矿井总数的10%。镇巴预测区的含煤地层主要为须家河组和龙潭组，现有矿井5对，一对为高瓦斯矿井，4对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井为开采龙潭组的煤层。

（7）荆当、秭归高瓦斯带　位于上扬子地块的东北端，包括，荆当、秭归、保康、远安矿区。含煤地层为香溪群和梁山组。荆当矿区现有6对地方国营矿井，3对为高瓦斯矿井，3对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的50%。平均矿井相对瓦斯涌出量为13.45m^3/t，最高的是铁炉湾矿为39.84m^3/t。秭归矿区目前有6对地方国营矿井，1对为高瓦斯矿井，5对为低瓦斯矿井，平均矿井相对瓦斯涌出量为8.69m^3/t，最高为17.75m^3/t，该矿区向深部发展高瓦斯矿井增多。远安、保康2矿区含煤地层为梁山组，煤层的瓦斯资料比较少，在远安矿区有2对地方矿井为低瓦斯矿井。

5.2.4　鄂西、湘西、黔东、桂中南低瓦斯区

该区位于江南地块的南端、右江褶皱带的东部和钦州褶皱系的北部，包括，红茂、罗城、建始3个高瓦斯矿区；柳州、利川、川东南、香炉山4个预测高瓦斯矿区；贵阳、都匀、合山、宜山、百贤、百色、南宁、扶绥、黔溆、松宜、石门、桑植、鹤峰、长阳、来凤、咸丰、宣恩17个低瓦斯矿区；思南、凯里、凤冈、惠水、贵定、道真、遵义东、天柱、宾林、来贵、明江11个预测低瓦斯矿区。含煤地层有寺门段、旧司段、梁山段、吴家坪组、合山组和下第三系。该区目前有矿井191对，其中高瓦斯矿井为27对，高瓦斯突出矿井3对，低瓦斯矿井为161对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的16%。3对高瓦斯突出矿井分别是贵阳矿区的南山矿，红茂矿区的平寨矿和柳州矿区的大屯矿，共发生煤与瓦斯突出51次。各矿区平均矿井相对瓦斯涌出量见表5—3。该区可以分为以下8个瓦斯带：

表5—3　鄂西、湘西、黔东、桂中南主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量（m^3/t）	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量（m^3/t）
贵　阳	8.015	百　色	7.686
红　茂	24.48	建　始	17.52
合　山	10.35	松　宜	4.59
黔　溆	6.87		

（1）红茂、罗城、柳州高瓦斯带　位于右江（印支）褶皱带的东北侧和湘桂褶皱系的西侧，包括，红茂、罗城、柳州3个矿区。含煤地层为寺门段。该带目前有17对矿井，其中，10对为高瓦斯矿井，2对为高瓦斯突出矿井，5对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的70%，2对突出矿井已发生煤与瓦斯突出18次以上，最大突出强度为165t/次。红茂矿区有5对统配矿井，2对为高瓦斯矿井，1对为高瓦斯突出矿井，2对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的60%。突出矿井为平寨矿，已发生煤与瓦斯突出17次，最大突出强度为180t/次；矿井相对瓦斯涌出量为53.2m^3/t。罗城

矿区目前有9对地方国营矿井，8对为高瓦斯矿井，1对为低瓦斯矿井。柳州矿区有2对地方国营矿井，1对为高瓦斯突出矿井，1对为低瓦斯矿井，突出矿井为大屯矿，发生煤与瓦斯突出1次，突出强度为100t/次左右。

(2) 川、鄂、湘边低瓦斯带　位于江南地块的南端，包括，建始、利川、香炉山、来凤、咸丰、宣恩、桑植、鹤峰、长阳、松宜、石门11个矿区。含煤地层为梁山段和吴家坪组，前者分布于松宜和石门矿区。该带现有48对矿井，其中，9对为高瓦斯矿井，39对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井约占矿井总数的20%。建始矿区为一高瓦斯矿区，共有6对矿井，3对为高瓦斯矿井，3对为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最大的是太阳河矿，为22.9m^3/t。桑植矿区有10对矿井，2对为高瓦斯矿井，8对为低瓦斯矿井。石门矿区有12对矿井，2对为高瓦斯矿井，10对为低瓦斯矿井。松宜矿区有9对矿井全为低瓦斯矿井。其余的矿井散布在利川、来凤等矿区内，除来凤矿区有一对高瓦斯矿井外，其余全为低瓦斯矿井。

(3) 百色、德隆低瓦斯带　位于右江褶皱带中部，包括，百色煤田和德隆、平果预测区。百色煤田的含煤地层为下第三系那读组和百岗组，现有9对矿井，2对为高瓦斯矿井，高瓦斯矿井主要与含煤地层中所含的油气进入矿井有关，7对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的22%。德隆、平果预测区，含煤地层为合山组，在德隆有1对低瓦斯矿井。

(4) 黔东、川东南低瓦斯带　位于江南地块的西侧，包括，贵阳、都匀、贵定、惠水、凤岗、思南、凯里、道真8个矿区；川东南煤田预测区和遵义煤田的东半部。含煤地层为旧司组和吴家坪组。在该带所有的41对矿井中，仅有1对为高瓦斯矿井（位于都匀矿区），1对为高瓦斯突出矿井(位于贵阳矿区)，共发生煤与瓦斯突出33次，最大突出强度为165t/次；其余39对矿井全为低瓦斯矿井。

(5) 黔溆、天柱低瓦斯带　位于江南地块的南侧，包括，黔溆、天柱煤田。黔溆煤田的含煤地层为黔阳段和吴家坪组，有28对矿井，2对为高瓦斯矿井，26对为低瓦斯矿井。天柱煤田的含煤地层为吴家坪组，有2对矿井，为低瓦斯矿井。

(6) 隆林、凌乐低瓦斯带　位于湘桂褶皱系的西侧和右江褶皱带的北侧，主要包括，广西的隆林、乐业、凌云地区，含煤地层主要为合山组，现有4对地方矿井，全属低瓦斯矿井。

(7) 宜山、合山低瓦斯带　位于湘桂褶皱系的西侧，包括，宜山、百贤、合山、来贵、宾林5个矿区和煤田。含煤地层为合山组。该带现有26对统配矿井和地方矿井，其中，3对为高瓦斯矿井，23对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的11%。有2对高瓦斯矿井分布在合山矿区，仅占矿区9对矿井的22%，1对分布在百贤煤田，占煤田8对矿井的12.5%。其余的一些低瓦斯矿井分别分布在宜山、来贵、宾林低瓦斯煤出中。

(8) 南宁低瓦斯带　位于右江褶皱带的东段，包括，南宁、扶绥、明江3个矿区和横县预测区。含煤地层为合山组和下第三系，前者分布于扶绥、明江矿区和横县预测区；后者分布于南宁和明江矿区的东北部。南宁矿区现有10对矿井，扶绥、明江矿区和横县预测区分别有9对、2对和1对矿井，全为低瓦斯矿井。

5.2.5 赣、湘、粤、桂东高瓦斯区

该区位于湘中南褶皱系和武功—诸广褶皱带的西北侧和南部。含煤地层为测水组、梓山组、龙潭组、艮口群、杨梅垅组、山炭垅组、乌灶组和油柑窝组。该区包括，萍乡、杨桥、花鼓山、英岗岭、丰城、乐平、茶醴、涟邵、兴全、西湾、白沙、永耒、马田、袁家、

华塘、盐湖、梅田、南岭、曲仁、连阳、广花、高要、阳春、茂名、赣南、宁都、于都、饶南高瓦斯矿区和煤田；资兴、台开恩、浙西、韶山、安福、黄丰桥低瓦斯矿区和煤田；以及钦灵、合浦2个预测低瓦斯煤田。其中，高瓦斯矿区和煤田占矿区和煤田总数的78%。该瓦斯区是华南地区煤与瓦斯突出比较严重的地区，在茶醴、萍乡、花鼓山、英岗岭、丰城、乐平、涟邵、西湾、白沙、马田、袁家、华塘、盐湖、梅田、南岭、曲仁、赣南矿区中都分布有煤与瓦斯突出矿井，是华南地区煤与瓦斯突出矿井比较集中的地区之一。其原因是由于这一地区自梅西早期到印支期都是一个坳陷区，尤其是萍乐坳陷，自晚古生代到早中侏罗世都处于强烈的沉降状态，因而为煤层瓦斯的形成和保存提供了良好的地质条件。中生代晚期和第三纪以来，在NW—SE方向的强烈挤压下，NE和NNE向的压性和压扭性构造极其发育，如马田矿区每平方公里的压性和压扭性断裂达48条之多，使煤层的原生结构受到严重破坏，形成了有利于煤与瓦斯突出的构造煤和高压瓦斯的聚积。该瓦斯区目前有统配矿井和主要地方矿井339对，其中，高瓦斯矿井为109对，高瓦斯突出矿井112对，低瓦斯矿井为118对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的65%。在112对高瓦斯突出矿井中，有特大型突出矿井13对，已发生煤与瓦斯突出4440余次，其中，特大型突出为42次，最大的突出发生在白沙矿区的坦家冲矿，突出强度为4500t/次。该区矿井相对瓦斯涌出量最高的是马田煤矿艾和山井，为198.98m^3/t。各主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量见表5—4。该区划分为以下9个带：

表5—4 赣、湘、粤、桂东主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)
萍　乡	14.64	梅　田	41.83
英岗岭	31.62	曲　仁	16.33
丰　城	24.44	南　岭	19.69
乐　平	18.86	茂　名	11.72
上　饶	14.0	西　湾	34.0
赣　南	19.86	红　茂	24.48
涟　邵	29.16	合　山	10.35
马　沙	23.2	百　色	7.686
资　兴	7.04	韶　山	7.4

（1）萍乐、茶醴高瓦斯带　位于武功—诸广褶皱带的西北侧，包括，萍乡、杨桥、花鼓山、英岗岭、丰城、乐平、茶醴7个高瓦斯矿区和煤田。含煤地层为龙潭组和安源组。该带现有统配矿井和地方国营矿井58对，其中，高瓦斯矿井为16对，高瓦斯突出矿井为24对，低瓦斯矿井为18对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的69%。在24对高瓦斯突出矿井中共发生煤与瓦斯突出502次，其中，特大型突出6次，相对瓦斯涌出量最大的是英岗岭建山矿，为59.59m^3/t。瓦斯矿井的分布情况是：茶醴煤田现有12对地方国营矿井，高瓦斯矿井为4对，高瓦斯突出矿井为3对，低瓦斯矿井为5对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的58%；萍乡矿区目前13对矿井，高瓦斯矿井为6对，高瓦斯突

出矿井为3对，低瓦斯矿井为4对．高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的69%，3对高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出44次，最大突出强度为426t/次，在矿区中、深部测定的煤层瓦斯含量为5.43～24.63m³/t（可燃基），一般都在10m³/t（可燃基）左右；杨桥矿区有3对地方国营矿井，全为高瓦斯矿井；花鼓山矿区有6对地方国营矿井，2对为高瓦斯矿井，1对为高瓦斯突出矿井，3对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的50%，测定的矿区煤层瓦斯含量为6.33～13.15m³/t（可燃基）；英岗岭矿区有统配矿井和地方国营矿井共10对，8对为高瓦斯突出矿井，2对为低瓦斯矿井．高瓦斯突出矿井占矿井总数的80%，共发生煤与瓦斯突出345次，最大的突出发生在建山矿，突出强度为1000t/次。丰城矿区有7对统配矿井，1对为高瓦斯矿井，5对为高瓦斯突出矿井，1对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的81%，5对高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出40余次，最大的突出强度为1036t/次，测定的矿区煤层瓦斯含量为5.19～0.22m³/t（可燃基）；乐平矿区有统配矿井和地方国营矿井共12对，4对为高瓦斯矿井，4对为高瓦斯突出矿井，4对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的67%，4对高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出83次，最大的突出发生在涌山矿，突出强度为2200t/次，测定的矿区煤层瓦斯含量为5.10～20.89m³/t（可燃基）。

（2）涟邵、兴贺高瓦斯带　位于湘中南褶皱系的北侧和西侧，包括，涟邵、祁零、兴全、西湾4个矿区和煤田。含煤地层为测水组、龙潭组和三丘田组。该带目前有统配矿井和地方国营矿井98对，其中，高瓦斯矿井为29对，高瓦斯突出矿井为39对，低瓦斯矿井为30对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的70%。39对高瓦斯突出矿井已发生煤与瓦斯突出2000余次，其中有15次为特大型突出。最大的煤与瓦斯突出发生在涟邵煤田的彭家冲井，突出强度为1532t/次，是涟邵煤田矿井相对瓦斯涌出量最高的矿井，为151.16m³/t。涟邵煤田有统配矿井和地方国营矿井67对，高瓦斯矿井为17对，高瓦斯突出矿井为36对，低瓦斯矿井为14对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数79%。36对高瓦斯突出矿井已发生煤与瓦斯突出2000余次，是我国瓦斯突出次数最多的一个煤田。祁零煤田目前有地方矿井20对，高瓦斯矿井为13对，低瓦斯矿井为7对，高瓦斯矿井占煤田矿井总数的65%。兴全煤田有5对地方矿井，全为低瓦斯矿井。西湾矿区有6对矿井，3对为高瓦斯突出矿井，3对为低瓦斯矿井，已发生煤与瓦斯突出31次，最大的突出强度为84t/次。

（3）郴资、连、曲高瓦斯带　位于湘中南褶皱系南侧和武功－诸广褶皱带的南部，包括，郴耒、资兴、南岭、曲仁、连阳等矿区和煤田，其中，郴耒煤田包括有白沙、永耒、马田、袁家、华塘、盐湖、梅田7个高瓦斯矿区。含煤地层为测水组、龙潭组、艮口群、杨梅垅组和出炭垅组。测水组主要分布于曲仁和郴耒煤田的袁家、华塘、盐湖矿区。龙潭组是该带的主要含煤地层，除资兴、南岭两矿区之外，其余各矿区都有分布。艮口群分布于南岭矿区。杨梅垅组和出炭垅组分布于资兴矿区。该带现有统配矿井和地方国营矿井116对，其中，高瓦斯矿井为34对，高瓦斯突出矿井为48对，低瓦斯突出矿井为34对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的70%。48对高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出1444余次，其中特大型突出有17次，最大突出强度为4500t/次。矿井相对瓦斯涌出量最高为198.98m³/t。郴耒煤田有74对矿井，高瓦斯矿井为12对，高瓦斯突出矿井为42对，低瓦斯矿井为20对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的73%。42对高瓦斯突出矿

井共发生煤与瓦斯突出 1273 余次，其中特大型突出有 17 次，是我国突出矿井最多的煤田之一。南岭矿区有 5 对矿井，全为高瓦斯矿井，其中 1 对为突出矿井，已发生煤与瓦斯突出 20 余次，最大突出强度为 18t/次。曲仁矿区有 6 对矿井，5 对为高瓦斯突出矿井，1 对为低瓦斯矿井，5 对高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出 151 次，最大突出强度为 50t/次。连阳矿区有 11 对矿井，全为高瓦斯矿井。资兴矿区有 9 对矿井，全为低瓦斯矿井。

(4) 赣南、翁源高瓦斯带　位于武功一诸广褶皱带的东南侧，包括，赣南矿区和宁都、于都、翁源 3 个煤田预测区。含煤地层为梓山组、测水组、龙潭组。梓山组主要分布于宁都、于都一带，测水组分布于翁源一带，龙潭组分布于赣南矿区。该带目前有 7 对矿井，4 对为高瓦斯矿井，1 对为高瓦斯突出矿井，2 对为低瓦斯矿井。突出矿井为赣南矿区的大桥矿，已发生煤与瓦斯突出 64 次，最大突出强度为 924t/次。

(5) 安福低瓦斯带　位于湘中南褶皱带东部，包括，黄丰桥、安福 2 个矿区和永丰、乐安预测区。含煤地层主要为梓山组、龙潭组和安源组。梓山组分布于永丰、乐安预测区，龙潭组分布于黄丰桥和安福矿区。该带目前有 7 对矿井，主要位于安福矿区，全为低瓦斯矿井。

(6) 韶山低瓦斯带　位于湘中南昌市褶皱带的北端，主要煤田为韶山煤田。含煤地层为测水组和龙潭组，以龙潭组为主。目前有 15 对统配矿井和地方国营矿井，1 对为高瓦斯矿井，14 对为低瓦斯矿井。

(7) 广花一高要、阳春高瓦斯带　位于武夷一云开褶皱带的南端，包括，广花一高要、阳春、台开恩 3 个煤田。含煤地层为测水组、龙潭组和艮口组。广花一高要煤田为高瓦斯煤田，有 7 对矿井，其中 4 对为高瓦斯矿井，3 对为低瓦斯矿井。阳春煤田亦为一高瓦斯煤田，有 4 对矿井，一为高瓦斯矿井。台开恩属低瓦斯煤田，现有 2 对矿井，为低瓦斯矿井。

(8) 茂名、钦、合低瓦斯带　位于武夷一云开褶皱带西南部，包括茂名矿区和钦灵、合浦、炮界 3 个煤田预测区。含煤地层为下第三系。茂名矿区为高瓦斯矿区，有 4 对矿井，全为高瓦斯矿井。钦灵预测区有 2 对矿井，全为低瓦斯矿井。

(9) 饶南、浙西低瓦斯带　位于江南地块东北侧，包括，饶南矿区和浙西煤田。含煤地层为叶家塘组、龙潭组和安源组。安源组和龙潭组主要分布于饶南矿区，叶家塘组主要分布于浙西煤田。饶南矿区是一个低瓦斯煤田，目前有 8 对矿井，3 对为高瓦斯矿井，5 对为低瓦斯矿井。浙西煤田是一个低瓦斯煤田。目前有 15 对矿井，有 2 对高瓦斯矿井，其余全是低瓦斯矿井。

5.2.6　下扬子地区高瓦斯区

该区位于下扬子地块和浙西地块。含煤地层有高骊山组、麻土坡段、龙潭组。高骊山组主要分布于浙北一带，麻土坡段主要分布于鄂东南蒲圻、崇阳等地，龙潭组分布广泛，在苏南、皖南、浙北、鄂东南和赣北地区都有分布。该区包括，宣泾、芜铜、贵池、宜溧、宁镇、长广、黄石、七约、蒲圻、广济、赣北高瓦斯矿区和阳新、通山、崇阳预测高瓦斯矿区，以及苏州、常州、安庆、巢湖、江都、靖通预测为低瓦斯矿区。目前有 91 对统配矿井和地方国营矿井，其中，36 对为高瓦斯矿井，13 对为高瓦斯突出矿井，42 对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 54%。13 对高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出 409 次，主要为中、小型突出，最大突出发生在芜铜矿区的大通中矿，突出强度为 425t/次。矿井相对瓦斯涌出量最高的长广矿区新槐矿为 98.4m^3/t。各主要矿区平均矿井相对瓦

斯涌出量见表 5—5。该区可以划分为以下 2 个高瓦斯带：

（1）苏南、皖南、浙北高瓦斯带　位于下扬子地块东段、浙西地块北侧，包括，长广、宣泾、贵池、安庆、巢湖、宁镇、锡澄虞、芜铜、宜溧、苏州、常州、江都、靖通 13 个矿区。含煤地层为龙潭组。该带目前有矿井 70 对，其中，高瓦斯矿井为 27 对，低瓦斯矿井为 32 对，高瓦斯突出矿井 11 对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 54%。11 对

表 5--5　下扬子地区高瓦斯区主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m^3/t)
长　广	31.39	宜　溧	16.63
芜　铜	14.95	常　州	7.43
宣　泾	51.73	黄石—七约	14.8
宁　镇	12.81	蒲　圻	15.71

高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出 344 次，最大突出强度为 425t/次。矿井相对瓦斯涌出量最高为 98.4m^3/t。长广矿区目前有 12 对统配矿井，其中，10 对为高瓦斯矿井，2 对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井中有 4 对煤与瓦斯突出矿井，共发生煤与瓦斯突出 56 次，主要为小型突出，最大的突出发生在新槐矿，突出强度为 124t/次。宣泾矿区有 6 对矿井，其中，有 2 对高瓦斯矿井，有 3 对高瓦斯突出矿井，分别是王母坑矿、摇头岭矿和港口二矿，测定的矿区煤层瓦斯含量一般都在 5～10mL/g（可燃基）以上，有 1 对低瓦斯矿井。芜铜矿区有 4 对矿井，其中，2 对为高瓦斯突出矿井，分别是五峰山矿、大通中矿，2 对为低瓦斯矿井，2 对高瓦斯突出矿井共发生煤与瓦斯突出 72 次，最大突出强度为 425t，测定的矿区煤层瓦斯含量一般都在 5mL/g（可燃基）以上。贵池矿区有 2 对矿井，为高瓦斯矿井。安庆矿区有 10 对矿井，全是低瓦斯矿井。宁镇矿区有 12 对矿井，5 对为高瓦斯矿井，1 对为高瓦斯突出矿井古铜矿，已发生 2 次煤与瓦斯突出，最大突出强度为 120t；6 对为低瓦斯矿井。常州矿区有 4 对矿井，1 对为高瓦斯矿井，3 对为低瓦斯矿井。锡澄虞矿区有 2 对矿井，1 对为高瓦斯突出矿井（花山矿），突出 1 次，突出强度为 400t/次，1 对为低瓦斯矿井。宜溧矿区有 6 对矿井，4 对为高瓦斯矿井，1 对为低瓦斯矿井，1 对为高瓦斯突出矿井（园田矿），已发生煤与瓦斯突出 213 次，最大突出强度为 99t/次。

（2）鄂东南、赣北高瓦斯带　位于下扬子地块西段，包括，黄石—七约、蒲圻、广济、赣北、阳新、通山、崇阳矿区。含煤地层为麻土坡段和龙潭组，该带目前有 21 对统配矿井和地方国营矿井，其中，高瓦斯矿井为 9 对，高瓦斯突出矿井为 2 对，低瓦斯矿井为 10 对，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的 52%。2 对高瓦斯突出矿井是黄石矿区的源华矿和袁仓矿，共发生煤与瓦斯突出 65 次，最大突出强度为 300t/次。矿井相对瓦斯涌出量最高的是源华矿，为 40.23 m^3/t。黄石—七约矿区有 12 对矿井，2 对为高瓦斯矿井，2 对为高瓦斯突出矿井，8 对为低瓦斯矿井。广济矿区有 3 对矿井，2 对为高瓦斯矿井，1 对为低瓦斯矿井。蒲圻矿区有 5 对矿井，全为高瓦斯矿井。赣北矿区有 2 对矿井，为高瓦斯矿井。

5.2.7　浙、闽沿海低瓦斯区

该区位于东南沿海中生代火山断陷带。含煤地层为林地组、龙岩组、龙潭组、翠屏山组、大坑组、文宾山组、焦坑组、梨山组和崠县组及佛县群。龙岩组和龙潭组是该区的主要含煤地层，煤种主要为超无烟煤。该区包括，梅县、四望嶂、清连、永安、龙永、上京、天湖山、浙东、浙南、闽北10个低瓦斯矿区和煤田。现有63对矿井，全为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量平均为5m³/t左右，最高的是永安东坑子矿，为8.51m³/t。各主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量见表5－6。该区进一步可以划分为2个瓦斯带：

表5-6 浙闽沿海低瓦斯区主要矿区平均矿井相对瓦斯涌出量

矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)	矿区名称	平均矿井相对瓦斯涌出量 (m³/t)
四望嶂	4.95	上　京	4.86
梅　县	4.41	天湖山	2.46
龙　永	4.94	永　安	7.24

（1）永梅低瓦斯带　位于东南沿海中生代火山断陷带的东南部，包括，梅县、四望嶂、龙永、清连、永安、上京、天湖山7个矿区。含煤地层主要为龙岩组和龙潭组。龙岩组广泛分布于龙永、清连、永安、上京、天湖山5个矿区。龙潭组在梅县、四望嶂2个矿区是主要含煤地层。该带目前有54对矿井，全属低瓦斯矿井，平均矿井相对瓦斯涌出量为5.02m³/t，最高为8.51m³/t。这主要是该带超无烟煤广泛发育所致。

（2）浙东、浙南、闽北低瓦斯带　位于东南沿海中生代火山断陷带的东北段，包括，浙东、浙南煤田和闽北地区的下枧、邵武、将乐、建南、城关等预测区。含煤地层主要为林地组、翠屏山组、梨山组和崠县组。该带目前有9对矿井，全属低瓦斯矿井。

第六章　东北地区煤层瓦斯分布特征

6.1　煤层瓦斯形成和分布的地质背景

东北地区系指华北陆块北缘断裂带以北的内蒙古中、东部，辽宁省北部、西北部，吉林省和黑龙江省的全部。大地构造归属于天山--兴安活动带（褶皱区）和完达山板片。早古生代时期，塔里木—华北古陆与西伯利亚古陆块间为广阔的古亚洲大洋，据资料分析，古亚洲大洋晚古生代早期已甚狭窄，至晚石炭世—早二叠世，海域逐渐收缩，洋壳向塔里木—华北古陆之下俯冲、消减。最后，西伯利亚板块与塔里木--华北板块碰撞，全区褶皱回返，使西伯利亚板块南缘的准噶尔—兴安活动带（褶皱系）与塔里木—华北板块北缘的天山—赤峰活动带（褶皱系）共同构成为天山—兴安活动带（褶皱区）。本章所研究的是该褶皱区中的东北辽、吉、黑三省和内蒙古中东部所包括的构造单元的煤层瓦斯形成和分布特征。主要构造单元有：阿尔泰—额尔古纳加里东褶皱带（I_1^1）的东南缘；额尔齐斯—喜桂图旗华力西褶皱带的东南缘（I_1^2）；准噶尔—兴安岭古生代陆缘增生褶皱带（I_2）的兴安岭地带；锡林浩特微陆块（I_4）；嫩松地块（I_5^1）；伊春延寿加里东褶皱带（I_5^2）；佳木斯地块（I_5^3）；完达山板片（$\mathrm{I\!I}_1$、图 6－1）。

东北地区，三叠纪以前几乎没有形成有价值的煤层。早二叠世沉积了数千米厚度不等的滨海浅海相碎屑岩和碳酸盐岩。晚二叠世沉积了数千米厚度不等的陆相碎屑岩。三叠纪，除黑龙江东北部饶河、宝清一带为海相沉积外，其余地区均为山间盆地沉积。

东北地区，在印支运动后，进入滨太平洋构造域发展阶段。燕山期，库拉—太平洋板块开始向欧亚板块多次俯冲，并相对左旋走滑。大兴安岭隆起，松辽盆地坳陷，长白山隆起。伴随着 NNE 向褶皱、挤压断裂，发育着印支晚期、燕山早中期的花岗岩及中基性、中酸性的火山岩带。大兴安岭隆起带是一条显著的深层构造梯级带，莫霍面向北西倾斜，埋深 42km，较东边的嫩松地块落差达 12km。燕山运动晚期至喜马拉雅运动早期，滨太平洋沟、弧、盆开始形成，挤压作用逐步被拉张所取代。在大兴安岭—太行山链以东，郯庐断裂带以西，形成了众多的大小不等的地堑、半地堑式裂陷盆地，松辽盆地的裂陷作用始于晚侏罗世，并伴有双峰式火山喷发。此时气候条件比较适宜，在裂陷盆地中广泛地沉积了我国东北地区最重要的晚侏罗早白垩世含煤地层，煤炭资源量 2564 亿 t。除了完达山地区晚侏罗世曙光组为海陆交互相含煤沉积外，其余地区均为陆相沉积。在大兴安岭西坡北段海拉尔一带，含煤地层为扎赉诺尔群，分上、下两组，下组为大磨拐河组，上组为伊敏组，煤系厚度 1000 余米，含巨厚煤层数层，煤种为褐煤。在大兴安岭西坡南段巴音和硕、二连一带，为霍林河群，煤系厚度 1700 余米，含煤数十层，可采煤层总厚度 70 余米左右，煤种为褐煤。在内蒙古东部的巴音和硕和多伦一带，为巴彦花群，煤系厚度 1400 余米，含煤百余层，平均可采总厚度 50 余米。在胜利煤田，可采煤层总厚度 240m，煤种为褐煤，也是全国最厚的煤层。在内蒙古东部的赤峰元宝山、平庄和辽宁西部的阜新、康平和铁法一

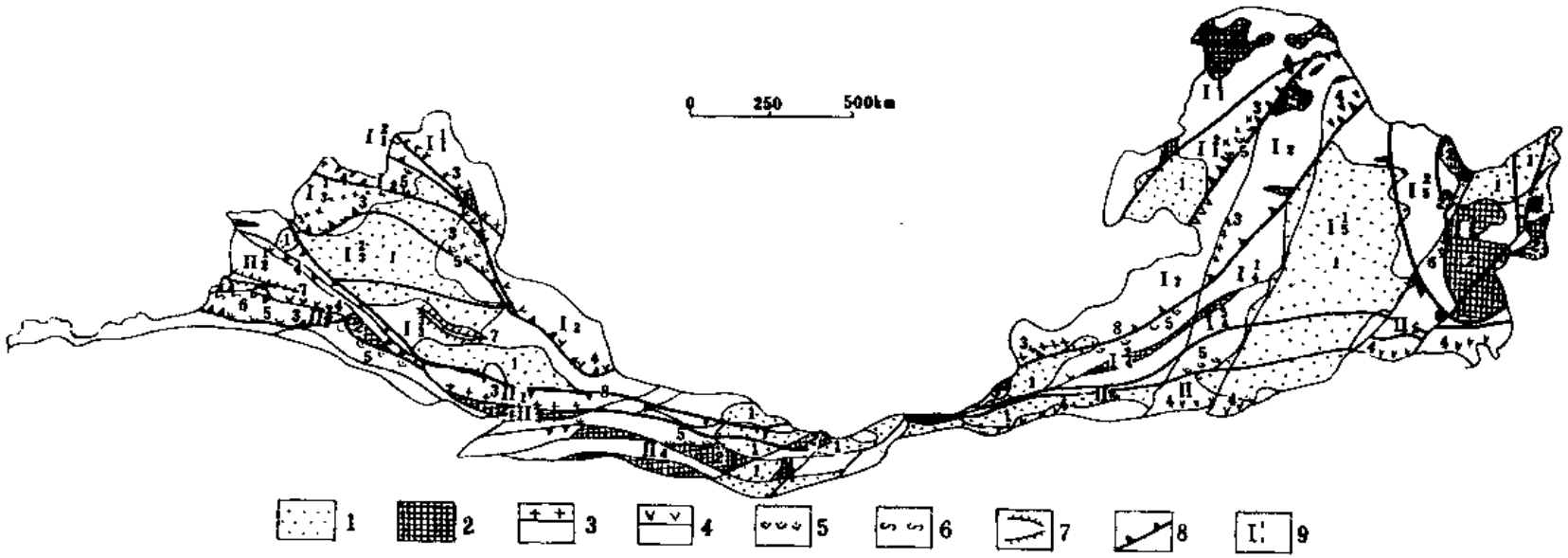


图 6 1 天山－兴安地区构造分区略图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编，－北京：地质出版社，1994，9）

1--第四纪覆盖区；2—前寒武系出露区；3—晚古生代火山岛弧带；4--早古生代火山岛弧带；5—蛇绿岩套；6—蓝片岩带；7—裂谷带；8—俯冲带；9－构造单元编号

带，含煤地层为阜新群，阜新群自下而上分为两组，下组称沙海组或九佛堂组；上组称阜新组或海州组，阜新组为主要含煤地层，厚度400～900m，自下而上分为高德段、太平段、中间段、孙家湾段和水泉段，各段都含有可采煤层，太平段的煤层厚度比较大，为20～30m巨厚煤层。阜新群煤层在元宝山、平庄一带煤种为褐煤；在阜新、康平、铁法为长焰煤和气煤。在松辽盆地营城—长春、双阳—蛟河及辽源一带，大地构造单元属于嫩松地块，含煤地层为沙河子组和九台组，总厚度300～500m以上，主要为凝灰质的湖相沉积，对煤层瓦斯具有良好的封闭作用，有5个含煤组，以中部第三组含煤最好，煤层厚度5～10m，煤种为长焰煤和气煤。在黑龙江东北部的鸡西、勃利、双鸭山、鹤岗一带，大地构造单元属于佳木斯微陆块、完达山板片。含煤地层为鸡西群，自下而上分为三个组，分别是滴道组、城子河组和穆棱组。其中，城子河组厚度一般为600～800m，最厚在勃利煤田2200m，含煤40余层，可采煤层10～15层；穆棱组厚度150～900m，含煤3～17层，煤层总厚度10～40余米。煤种发育较齐全，弱粘结煤、气煤、肥煤到无烟煤。沉积环境由滨海冲积平原过渡到内陆湖盆相，岩性主要为细碎屑夹凝灰岩，煤层瓦斯封闭条件较好。

进入新生代以来，中国东部以引张为主的应力作用明显加强，导致差异性的垂直升降活动占主导地位，并诱发了大兴安岭深断裂系和敦化—密山深断裂系的重新活动，同时导致了大陆拉斑玄武岩类沿这些断裂的大规模喷发。沿敦化—密山和依兰—伊通断陷盆地等地沉积了早第三纪的煤层，主要有抚顺群和与其层位相当的珲春组、舒兰组、虎林组、达连河组、梅河组和下辽河坳陷的早第三纪煤层，主要为低变质的褐煤，瓦斯生成和保存条件一般都比较差。在抚顺煤田的抚顺群，煤层受岩浆热变质作用，煤种为长焰煤和气煤，含煤地层厚度，800～1400m，岩性主要为黑色泥岩、凝灰岩、含多层黑褐色油页岩，对煤层瓦斯封闭条件极好。煤层厚度大，主煤层平均厚度约50m，最厚达134m，煤层瓦斯的生成条件和保存条件比较优越。

东北地区构造，起控制作用的主要有近东西向的伊林哈别尔尕—西拉木伦超岩石圈断裂带，该断裂是塔里木—华北与西伯利亚两大板块的结合带，沿线附近煤田的褶皱变形、断裂破坏以及引起煤与瓦斯突出都受到了该断裂的控制，如辽源、长春等煤与瓦斯突出矿区。另外，NNE向的敦化—密山岩石圈断裂、依兰—伊通岩石圈断裂，喜马拉雅期又发生了多次活动，中更新世又表现为逆冲推覆活动，沿断裂带附近煤田构造挤压破坏以及发生煤与瓦斯突出都受到了该断裂的控制。如敦化—密山断裂所经过的抚顺矿区，鸡西矿区均为煤与瓦斯突出矿区。

6.2 煤层瓦斯分布特征

东北地区是我国矿井瓦斯涌出量较高的地区之一，在统计的230对统配矿井和主要地方矿井中，低瓦斯矿井为110对，高瓦斯矿井为120对，高瓦斯矿井占矿井总数的52%以上，有17对煤与瓦斯突出矿井，有3对煤、岩与二氧化碳突出矿井。该地区可以进一步划分为2个瓦斯区：黑、吉、辽中东部高瓦斯区；内蒙古东部低瓦斯区。

6.2.1 黑、吉、辽中东部高瓦斯区

该区指大兴安岭以东的黑龙江东部与辽宁、吉林的中部和东部地区，包括，辽宁的阜新、铁法、康平、八道壕、抚顺、沈北，吉林的蛟河、辽源、营城、长春、双阳、延吉、和

龙、舒兰、珲春、梅河和黑龙江的鹤岗、鸡西、勃利、双鸭山、七台河、依兰等22个矿区和煤田。含煤地层为晚侏罗早白垩世的阜新群，鸡西群，沙河子组等和早第三纪的抚顺群。该区是东北地区煤炭工业比较集中的地区，也是东北地区煤层瓦斯含量较高、矿井瓦斯涌出量较高的地区，据211对统配矿井和地方矿井统计，高瓦斯矿井为117对、占该区矿井总数的55%左右。鸡西、双鸭山、七台河、鹤岗、白城、营城、长春、辽源、舒兰、阜新、铁法、抚顺、梅河、延边矿区的平均矿井相对瓦斯涌出量都在10m³/t以上，井有17对煤与瓦斯突出矿井，其中，高瓦斯突出矿井15对；低瓦斯突出矿井2对；已发生煤与瓦斯突出936次，突出强度以中、小型为主，强度最大的一次突出发生在鸡西矿区的滴道矿立井，突出强度为800t/次左右。此外尚有煤、岩与二氧化碳突出矿井3对，为营城九井、五井与和龙松下坪井。黑、吉、辽中东部高瓦斯区，矿井相对瓦斯涌出量较高的主要原因是煤的成熟度较西部地区高，此外，在含煤地层形成过程及其形成以后，发生了较大幅度的沉降，煤层的上覆地层厚度比较大，也是一个重要因素。该区可以进一步划分为以下10个瓦斯带：

(1) 三江穆棱高瓦斯带　分布于黑龙江东北部的佳木斯微陆块，包括，鸡西、双桦、双鸭山、七台河、鹤岗、绥滨、集贤等矿区和煤田。含煤地层主要为鸡西群和龙爪沟群。该带为东北地区煤层瓦斯含量较高的地带，据63对统配矿井统计，平均矿井相对瓦斯涌出量为16.32 m³/t，其中，高瓦斯矿井32对；低瓦斯矿井31对；高瓦斯矿井占矿井总数的50%以上。低瓦斯矿井主要分布于该带北部的鹤岗矿区，矿井的相对瓦斯涌出量最高为7.91 m³/t，一般都在5 m³/t左右；高瓦斯矿井主要分布于该带中部和南部的双鸭山、七台河和鸡西矿区，并以鸡西矿区的高瓦斯矿井最多，占矿井总数的68%，矿井相对瓦斯涌出量最高的是滴道矿立井，为109.58 m³/t。该带有7对煤与瓦斯突出矿井，其中，2对低瓦斯突出矿井，为鹤岗矿区南山立井和新一矿立井，已发生7次煤与瓦斯突出；有5对高瓦斯突出矿井，全部分布在鸡西矿区，共发生煤与瓦斯突出797次，在有突出强度记录的741次突出中，小型突出为694次，占93.6%；中型突出为25次，占3.4%；大型突出为22次，占3%。

(2) 延边低瓦斯带　位于吉林省东部延边褶皱系的西南部，包括，和龙矿区、珲春矿区和分布在安图、延吉、屯田营、汪清一带的煤田预测区。主要含煤地层在和龙、屯田营、汪清、安图、延吉一带，为上侏罗——下白垩统的西山坪组和长财组；在珲春为下第三系珲春组。据13对地方矿井统计，高瓦斯矿井为5对，占矿井总数的38%。其中，3对高瓦斯矿井分布在和龙矿区，2对高瓦斯矿井分布在屯田营一带。矿井相对瓦斯涌出量最高的是和龙的松下坪井，为22.21 m³/t。低瓦斯矿井为8对，占矿井总数的62%，相对瓦斯涌出量一般都是7 m³/t左右，个别矿井9 m³/t以上，如珲春矿区的三道岭斜井与和龙煤田的青道沟井。此外，和龙矿区松下坪矿井发生过多次岩石和二氧化碳突出。二氧化碳在矿井瓦斯中所占比例为甲烷的3～6倍，突出点位于矿井的南翼采区，突出层位于长财组下部的砂岩和砂砾岩。导致突出的二氧化碳为无机成因，与侵入于4B与5A煤层之间的燕山晚期中基性斜长闪长玢岩和辉绿岩岩体有关。自1984年以来，已发生二氧化碳突出21次，最大的一次突出强度，岩石为116t/次、二氧化碳1750m³/次。

(3) 蛟河、辽源高瓦斯带　位于吉林省中部张广才岭褶皱带的南端，包括，辽源、双阳、蛟河等矿区。含煤地层为沙河子组和九台组。该带有统配矿井和地方国营矿井15对，其中，高瓦斯矿井10对，占总数的67%，该带平均矿井相对瓦斯涌出量为15.69m³/t。矿

井相对瓦斯涌出量最高的是辽源矿区的辽河源矿，为 39.71m³/t。蛟河矿区有统配矿井 4 对，3 对高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是奶子山立井，为 18.01m³/t。辽源矿区有统配矿井 5 对和 2 对地方矿，其中，高瓦斯矿井 6 对，有 3 对为煤与瓦斯突出矿井，已发生突出 65 次，突出强度以中小型为主。双阳矿区有地方国营矿井 4 对，其中，高瓦斯矿井 1 对，低瓦斯矿井 3 对。

(4) 营城、长春高瓦斯带　位于松辽坳陷的东南缘，包括，营城、长春、刘房子矿区和五台、农安预测区。含煤地层为沙河子组和九台组。该带有统配矿井和地方国营矿井 11 对，10 对高瓦斯矿井，1 对低瓦斯矿井。矿井相对瓦斯涌出量最高的是营城十井，为 31.6 m³/t。营城矿区有 2 对二氧化碳突出矿井，为营城五井和九井，已发生突出 3 次，最大的一次突出强度岩石为 1005t/次、二氧化碳为 14000m³/次，突出层位为 2、3 号煤层之间的砂岩层，二氧化碳的来源与火山岩有关。长春矿区有地方矿井 4 对，全为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是石碑岭二井，为 18.39m³/t。

(5) 依兰—伊通低瓦斯带　位于依兰－伊通断裂带，包括，舒兰、依兰矿区和拉溪预测区。含煤地层为舒兰组和达连河组。该带现有统配矿井和地方国营矿井 19 对，依兰二井为高瓦斯矿井，相对瓦斯涌出量为 12.05m³/t，其余全为低瓦斯矿井。舒兰矿区有统配矿井 12 对，地方国营矿井 5 对，12 对统配矿井的平均矿井相对瓦斯涌出量仅为 2.34 m³/t。依兰矿区有地方国营矿井 2 对，一对高瓦斯矿井，一对低瓦斯矿井。该矿区的煤种为长焰煤，含煤地层为达连河组，泥岩发育，沉积了厚达一百米左右的油页岩，形成了良好的封闭盖层。

(6) 抚顺、梅河高瓦斯带　分布于敦化—密山断裂带的南段，包括，抚顺、沈北、梅河三矿区和桦甸、敦化预测区。含煤地层为下第三系的抚顺群、杨连屯组和梅河组，此外在桦甸一带还分布有侏罗系的含煤地层苏密沟组。该带 12 对统配矿井和 2 对地方国营矿井，高瓦斯矿井为 11 对，占矿井总数的 78.8%，低瓦斯矿井为 3 对。抚顺、沈北和梅河矿区都是高瓦斯矿区，12 对统配矿井的平均相对瓦斯涌出量为 12.1m³/t，矿井相对瓦斯涌出量最高的是梅河三井，为 29.31m³/t。此外抚顺矿区的老虎台矿、龙凤矿和胜利矿都是煤与瓦斯突出矿井，自 1962 年以来，共发生煤与瓦斯突出 17 余次，始突深度为 370m，平均突出强度为 140.2t/次。最大的一次突出强度煤为 630t/次、瓦斯为 179090m³/次 。抚顺、梅河一带煤层瓦斯较高的主要原因，与煤层围岩的透气性比较低有关，梅河和沈北矿区煤层的围岩常为厚层泥岩；抚顺矿区的主煤层上覆为厚达数百米的油页岩、泥岩、泥灰岩和凝灰岩等低透气性岩层。该矿区煤与瓦斯突出主要是发生在抚顺密山断裂的次级断裂 F_1 逆掩断层的下盘。

(7) 铁岭、阜新高瓦斯带　位于松辽坳陷的南缘和东南缘，包括，阜新、八道壕、铁法、康平矿区和双辽、康化、昌图预测区。含煤地层为阜新群。该带 26 对统配矿井和 13 对地方国营矿井，高瓦斯矿井 29 对，占矿井总数的 74.3%；低瓦斯矿井 10 对。阜新、铁法和八道壕矿区都是高瓦斯矿区，其中，阜新矿区有统配矿井 21 对，16 对高瓦斯矿井，占总数的 80%；铁法矿区有统配矿井 5 对，全为高瓦斯矿井。矿井相对瓦斯涌出量最高的是阜新的东梁二井，为 58.4 m³/t，该矿井是瓦斯突出矿井，在掘进过程中已发生砂岩和瓦斯突出 2 次，最大的一次砂岩突出强度为 184t/次。

(8) 元宝山、平庄低瓦斯带　位于辽宁西部，包括，元宝山、平庄矿区及邻近的桥头、

宁城预测区。含煤地层为九佛堂组和元宝山组。元宝山和平庄矿区为低瓦斯矿区，现有 9 对统配矿井中，仅古山矿二井为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 20.988m³/t，其余 8 对全为低瓦斯矿井。该带平均矿井相对瓦斯涌出量仅为 3.64m³/t。

(9) 大兴安岭东侧高瓦斯带　位于大兴安岭隆起带东侧，紧靠松辽坳陷的西北缘嫩江和陆家堡一带。含煤地层为上侏罗下白垩统。主要矿区为大杨树矿区，有 5 对矿井，其中，3 对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是大杨树四井，为 19.8m³/t；2 对低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量为 9m³/t。

(10) 大兴安岭南侧低瓦斯带　位于大兴安岭隆起带的南侧。含煤地层为早中侏罗世的万宝组、红旗组和上侏罗下白垩统，以后者分布比较广。万宝组和红旗组主要分布于万红矿区和联合村等地，煤层局部可采，煤种主要为中高煤级的烟煤和无烟煤。万红矿区有 5 对矿井，2 对为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高的是万宝矿，为 65.4m³/t；3 对为低瓦斯矿井。联合村有一对高瓦斯矿井，相对瓦斯涌出量为 35.6m³/t。该带主要为上侏罗下白垩统的褐煤，煤层瓦斯含量低，因此，该带主要为低瓦斯涌出。

6.2.2　内蒙古东部低瓦斯区

该区主要分布于内蒙古东部的大兴安岭隆起带西侧，包括，海拉尔、巴彦和硕和多伦含煤盆地群。含煤地层为巴彦花群、霍林河群和扎赉诺尔群。由于该区煤种以褐煤为主，仅在个别地区有少量的烟煤和无烟煤，又含煤地层沉积后，大兴安岭很快隆起，煤盆地没有发生进一步的沉降，盖层比较薄，煤层埋藏的比较浅，因而煤层的瓦斯含量一般比较低，现有矿井的相对瓦斯涌出量多在 3m³/t 以下。该区可以划分为以下 3 带：

(1) 海拉尔低瓦斯带　位于内蒙古东北部大兴安岭褶皱带的西侧，即海拉尔煤盆地群。含煤地层为扎赉诺尔群。主要矿区和煤田有扎赉诺尔、大雁、伊敏、牙克石、五九、兔渡河、陈旗和拉布达林等。目前在扎赉诺尔和大雁一带有 8 对统配矿井，全部为低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高为 3m³/t 左右。此外，在额尔古纳右旗、陈旗和喜桂图旗有 3 对地方矿井，都是低瓦斯矿井。

(2) 锡林郭勒盟低瓦斯带　位于内蒙古褶皱带的中南部，即巴彦和硕煤盆地群。含煤地层为巴彦花群，此外，尚有分布比较零星的早侏罗世含煤地层阿拉坦合力群。目前主要矿区和煤田有霍林河、巴彦花、胜利、阿巴嘎等。霍林河、胜利等煤田煤层赋存比较浅，目前以露天开采为主。地下开采的矿井有 3 对低瓦斯矿井，位于锡林浩特、西乌旗等地。开采阿拉坦合力群煤层的矿井相对瓦斯涌出量比较高，最高的是锡林浩特矿，为 69.6m³/t。该带的主要含煤地层为巴彦花群的褐煤层，主要为低瓦斯赋存和低瓦斯涌出。

(3) 多伦低瓦斯带　位于内蒙古褶皱带南部、内蒙古地轴北侧，即多伦含煤盆地群。含煤地层为巴彦花群。该带是由一系列 NNE 向的断陷盆地所组成，已发现的煤盆地有黑城子、三道沟、宝格达勿拉等，并有预测的煤盆地多处，主要为褐煤。

第七章　西北地区煤层瓦斯分布特征

7.1　煤层瓦斯形成和分布的地质背景

西北地区东界贺兰山、六盘山，南界昆仑山、秦岭，西界和北界国境线。包括新疆维吾尔自治区、内蒙古自治区和宁夏回族自治区的西部、甘肃省和青海省的大部分地区。大地构造归属一级构造，在北部属于天山—兴安活动带（褶皱区）；南部属于昆仑—秦岭活动带（褶皱区）；中间是塔里木陆块。

7.1.1　天山—兴安活动带（褶皱区）

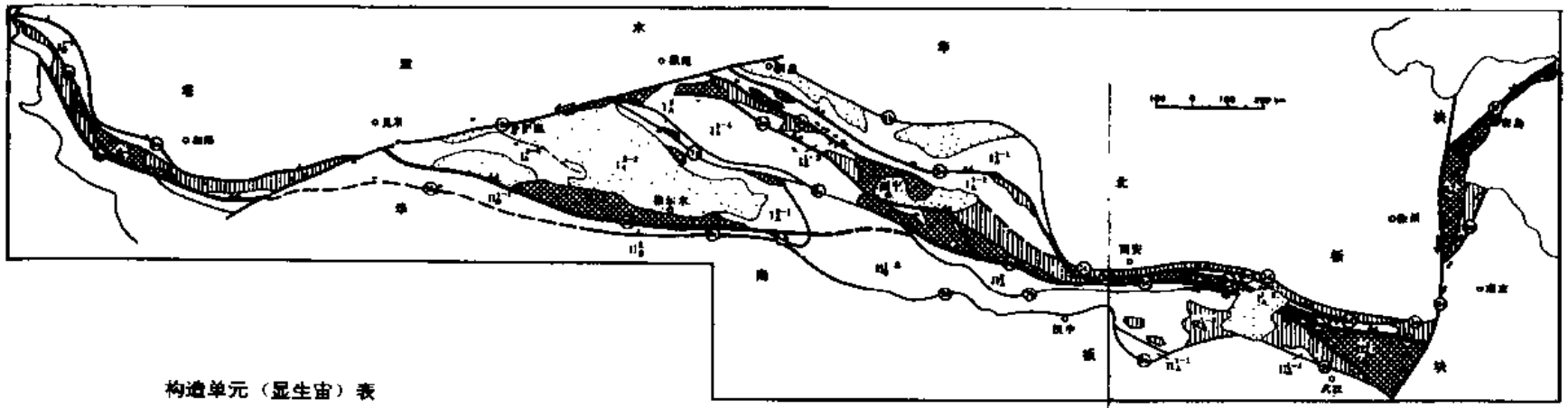
这里指的是新疆北部和内蒙古西部所包括的次级构造单元，分别有：阿尔泰—额尔古纳加里东褶皱带的西南缘（I_1^1）；额尔齐斯—喜桂图旗华力西褶皱带（I_1^2）的西南缘；准噶尔—兴安岭古生代陆缘褶皱带（I_2）的西南缘；西准噶尔古生代陆缘增生褶皱带（I_3^1）；准噶尔地块（I_3^2）；伊林哈别尔尕—觉罗塔格古生代陆缘增生褶皱带（II_1）；伊犁地块（II_2^1）；哈尔克古生代陆缘增生褶皱带（II_2^2）；中天山地块（II_3）；北山裂谷带（II_4）。参见图 6－1。

天山—兴安活动带（褶皱区）是古生代西伯利亚、塔里木—华北两大板块陆缘带及其间的古亚洲洋的遗迹。早二叠世，准噶尔—兴安和天山—赤峰两大陆缘活动带沿伊林哈别尔尕—西拉木伦结合带全面碰撞对接、褶皱造山形成了我国北大陆的一部分。之后，构造活动仍很强烈，西段即本章研究的西北地区持续受到西伯利亚板块和印度板块南北对挤作用，形成了主体为东西向展布的山链与盆地相间排列的挤压型盆、岭构造，伴有一系列逆冲推覆与走滑断裂。晚古生代，在准噶尔盆地的西北缘布尔津、吉木、塔城和温泉等地，沉积了早石炭世的南明水组、中石炭世的卡拉岗组和早二叠世的乌郎群。南明水组，在布尔津以南含可采煤层；卡拉岗组，地层厚度 1400m，含煤 3～7 层，厚度 4.0m 左右；乌郎群主要分布在温泉一带，含煤 5～6 层，多为薄煤层。中生代，在天山及其以北的东、西准噶尔和阿尔泰山的山间和山前盆地内沉积了早、中侏罗世的含煤地层水西沟群。如准噶尔盆地、吐鲁番哈密盆地、伊宁盆地、焉耆盆地、巴音布鲁克盆地、三塘湖盆地等。水西沟群厚度 1000～2500m 左右，自下而上分为三组：早侏罗世八道湾组、三工河组和中侏罗世西山窑组。八道湾组，主要为河流相和沼泽相，地层厚度 660m，所含可采煤层在准噶尔盆地南缘天山北麓一带为 8～9 层，煤层总厚度 10.7～65m；在吐鲁番哈密盆地为 2～18 层，煤层总厚度 2.85～76.33m；三工河组，以湖泊相沉积为主，仅在个别地区含有薄煤层；西山窑组，主要为湖相和沼泽相沉积，其岩性为灰绿色和灰白色砂岩、砾岩、灰黑色泥岩、粉砂岩、碳质泥岩和煤层，地层厚度 570～980m。该区所含煤层在准噶尔盆地南缘为 28～39 层，煤层总厚度 98～135m；在吐鲁番哈密盆地为数层到 20 余层，煤层总厚度数十米到 170 余米；在三塘湖一带为 2～12 层，煤层总厚度 5.9～94m。煤种为长焰煤、不粘煤、气煤、肥煤。

7.1.2 昆仑—秦岭活动带（褶皱区）

这里指的是新疆南缘和西南缘、宁夏西部、甘肃和青海省的大部分地区所包括的次级构造单元，分别是：西昆仑阿尔金裂陷褶皱带（I_1）；北祁连北秦岭裂陷褶皱带（I_2）；南缘隆起带（I_3）；该隆起带包括阿尔金隆起、柴达木微陆块、中祁连北秦岭南缘隆起以及西昆仑的公格尔桑株塔格等古老地块。根据现有资料，昆仑—秦岭褶皱区是晋宁、加里东、华力西、印支期等4次叠加造山所形成的复合造山带。加里东造山带的主体在祁连山、北秦岭；华力西期造山带的主体在昆仑、西秦岭一带，在秦岭地区与加里东期秦祁造山带亦为斜向叠加（图7—1）。

昆仑—秦岭活动带是我国南、北大陆的结合带。塔里木—华北板块与华南板块在晋宁期随洋壳向北消减，发生对接。震旦纪到寒武世早期，两陆块间已成为残余的边缘海槽，中国古陆雏形已基本形成。中寒武世至志留纪，中国古陆分裂，形成了祁连—秦岭—北淮阳裂谷等，局部发展成为洋盆。由古陆边缘分离出若干微陆块，如柴达木、中祁连、北秦岭、大别山等。加里东晚期，又向北俯冲挤压，形成塔里木陆缘、南北祁连、秦岭等加里东褶皱带，并使柴达木、中祁连、大别山等微陆块拼接于塔里木—华北古陆边缘。西南部的西昆仑、西秦岭则到印支运动才完全结束海洋环境。塔里木—华北古陆与扬子古陆间经历了多次开、合于二叠纪末（或三叠纪初）联成一体，进入板内活动时期。印支、燕山期造山作用以强烈推覆、滑脱与左旋走滑为特征，完成了昆仑—秦岭的复合造山过程，沿山链有近东西向的构造花岗岩带形成。晚古生代，在柴达木微陆块的北缘怀头他拉、旺朵秀、牦牛山等地沉积了下石炭统怀头他拉组、中石炭统克鲁克群和上石炭统太原组。怀头他拉组，煤系厚度400～1000m左右，以浅海相沉积为主，含有3～4层薄煤层；克鲁克群，地层厚度500～700m，与怀头他拉组为连续沉积，含煤20余层，可采煤层2～7层，煤层总厚度4.75m；太原组厚度300～800m，与克鲁克群连续沉积，下部主要为黑色泥岩和石灰岩，上部主要为泥岩和细砂岩，含煤8～13层，其中可采煤层5～9层，主要为薄煤层，局部地区为中厚煤层。煤种主要为中、高变质烟煤；在河西走廊、北祁连山、南祁连山一带，在下古生界褶皱基底上堆积了上古生界的盖层沉积，同时沉积了早石炭世晚期的臭牛沟组、中石炭世的羊虎沟群、晚石炭世的太原组和早二叠世早期的大黄沟组，其中以太原组和羊虎沟群的含煤性比较好，是河西走廊和北祁连山地区的主要含煤地层。羊虎沟群地层厚度数十米到400余米，含煤数层到十余层，煤层总厚度数米到12m左右，可采煤层多为稳定性比较差的薄煤层。太原组与羊虎沟群连续沉积，地层厚度30～470m，为海陆交替相含煤沉积，在河西走廊一带一般含煤10～20层，可采煤层为1～8层，可采煤层总厚度2～10.72m，煤种以高变质的烟煤为主。西秦岭的石炭纪煤层，主要分布在临洮与康乐间，为晚石炭世的沉积，地层厚度200～250m，含煤6～7层，多为不稳定的薄煤层。晚三叠世，在河西走廊和北祁连山一带，沉积了河流相和湖沼相的含煤沉积南营儿群，多为不可采煤层，仅在门源的多洛矿区含有可采煤层6层，为薄—中厚煤层；在默勒木里的大通河上游一带，含煤地层为默勒群，厚度约2500m，为滨海湖泊相和沼泽相，仅在日干一带含有可采煤层1层，厚度约1m左右。下、中侏罗统的含煤地层分别有：大西沟组、窑街组、木里群、小煤沟组和大煤沟组。大西沟组和窑街组，主要分布在民和盆地的窑街、大有—炭山岭、阿干镇、靖远—宝积山矿区，西宁—大通盆地的大通、小峡矿区，以及河西走廊一带。大西沟组为山间盆地沉积，仅在阿干镇有局部可采煤层1～2层；窑街组为中侏罗世含煤沉积，地层厚度



构造单元（显生宙）表

	叠加在塔里木—华北板块南部边缘（Ⅰ）上的单元名称	叠加在华南板块北部边缘（Ⅱ）上的单元名称
A秦祁活动带（震旦纪—志留纪阶段）	Ⅰ$_A$祁连—北秦岭褶皱系 Ⅰ$_A^{-1}$走廊过渡带 Ⅰ$_A^{-2}$北祁连加里东褶皱带 Ⅰ$_A^{3}$中祁连隆起 Ⅰ$_A^{-4}$南祁连加里东褶皱带 Ⅰ$_A^{-5}$北秦岭加里东褶皱带 Ⅰ$_A$柴达木微陆块 Ⅰ$_A^{-1}$柴达木北缘加里东褶皱带 Ⅰ$_A^{-2}$柴达木地块 Ⅰ$_A^{-3}$祁漫塔格加里东褶皱带 Ⅰ$_A$宗务隆山华力西前陆褶皱带	Ⅱ$_A$武当山隆起 Ⅱ$_A^{-1}$北大巴山加里东褶皱带 Ⅱ$_A^{-2}$随县—应山加里东褶皱带 Ⅱ$_A^{-3}$武当山隆起 Ⅱ$_A$礼县—柞水华力西前陆褶皱带 Ⅱ$_A$桐柏—大别地块 Ⅱ$_A$胶南—苏北地块
B特提斯活动带（华力西—印支阶段）（北支）	Ⅰ$_B$西昆仑褶皱系 Ⅰ$_B^{-1}$恰尔隆—库尔浪华力西褶皱带 Ⅰ$_B^{-2}$公格尔—桑株塔格隆起	Ⅱ$_B$东昆仑—南秦岭褶皱系 Ⅱ$_B^{-1}$阿尔喀山—布尔汉布达山 华力西—印支褶皱带 Ⅱ$_B^{-2}$西秦岭—南秦岭华力西—印支褶皱带 Ⅱ$_B$松潘—甘孜印支褶皱系（活动带，见第四章）

前长城系　长城－青白口系　新生界　古生界、早中生界褶皱区

构造单元界线　地质界线　老滑断层　断裂

华力西－印支期俯冲断裂　加里东期俯冲断裂　晋宁期板块结合带

蓝闪石片岩　超镁铁岩、蛇绿岩　檀辉岩

主　要　断　裂

1. ①a 柯岗断裂，①b龙首山断裂，①c八渡－洛南断裂，①d栾川—明港断裂，①e六安断裂，①f五莲—荣成断裂
2. ②a北祁连北缘断裂；②b油房沟—皇台断裂，②c瓦穴子—鸭河口断裂
3. ③a北祁连南缘断裂，③b复合②a油房沟—皇台断裂，③c朱阳关—夏关—大河口断裂
4. ④a中祁连南缘断裂，④b武山—天水断裂，④c唐藏—商南—镇坪断裂，④d信阳—梅山断裂，④e复合①e六安断裂
5. ⑤a宗务隆山—青海湖南山断裂，⑤b复合④b武山—天水断裂，④c复合④c唐藏—商南断裂
6. ⑥a康西瓦断裂，⑥b东昆仑中央断裂，⑥c复合④b武山—天水断裂，⑥d复合④c唐藏—商南断裂，⑥e内乡—桐柏—商城断裂，⑥c磨子潭断裂，⑥g复合⑥f五莲－荣成断裂
7. ⑦a柴达木北绝断裂，⑦b临潭—山阳断裂，⑦c复合⑥c内乡—桐柏—南城断裂，⑦d复合⑥f磨子潭断裂
8. ⑧a布伦口，卡拉克断裂
9. ⑨a复合⑨b康西瓦断裂，⑨c木孜塔格—金鱼湖断裂，⑨e博卡雷克塔格—阿尼玛卿断裂，⑨f玛沁—略阳断裂，⑨j洋县—城口—房县断裂⑨f襄樊—广济断裂，⑨g嘉山—响水口断裂
10. ⑩a阿尔金南缘断裂
11. ⑪a郯城—庐江断裂

图 7－1　昆仑－秦岭地区构造区划略图

（引自中国区域地质概论/程裕淇主编. －北京：地质出版社. 1994. 9）

100～300m 左右，为山间湖盆相，一般含可采煤层 2～4 层，可采煤层总厚度一般 10～40m 左右，最厚 90 余米，煤种为不粘煤和弱粘煤。在煤系中含有 47m 厚的黑褐色油页岩，并发育较厚的黑色泥岩、粉砂岩、泥灰岩之类的低透气性岩层，对瓦斯起封闭作用；木里群分布于中祁连山的大通河上游一带，包括聚乎更、孤山、江仓、曲古沟，外加哈达和热水矿区。木里群自下而上分为三组：娘姆谷组，厚度 10～400m；江仓组，厚度 10～11.86m，含可采煤层 1～11 层，可采煤层总厚度 10～46m，煤系岩性中含有油页岩层；西山头组，厚度 130～230m，岩性以细碎屑岩为主。煤种，在大通、小峡为长焰煤；在聚乎更、孤山、曲古沟为中、高煤级烟煤；小煤沟组和大煤沟组，分布于柴达木盆地北缘的鱼卡、绿草山和大煤沟一带。小煤沟组为早侏罗世沉积，地层厚度在大煤沟为 450m，煤系岩性中含有灰黑色泥岩、油页岩，含有薄煤层，总厚度约 2～5m；大煤沟组为早、中侏罗世沉积，地层厚度 667m，与小煤沟组连续沉积，含可采煤层 1～5 层，可采厚度 5～20m，主要为湖泊沼泽相沉积，煤系岩性中含油页岩、泥岩。煤种主要为长焰煤和不粘煤。

7.1.3 塔里木陆块

塔里木陆块萌生于晚太古代或更早，固结于晋宁期（塔里木运动）。在晋宁运动时，曾与华北陆块对接而成为统一大陆，但在震旦纪以后以迄古生代后期，又与华北陆块分离，而出现它们南侧的陆缘活动带，于华力西中晚期再连为一体，因此两者在总体上既有共性，又有各自的特征和演变史。晚古生代，塔里木陆块总的表现为升降运动，华力西早期表现为上升，海盆萎缩，中期海盆扩大，石炭系超覆不整合甚为普遍，晚期沿塔里木中央产生开裂活动，形成大量的陆相火山岩，二叠纪末裂谷（或裂陷槽）闭合，并发生轻微的褶皱作用。印支运动后，塔里木主要是和特提斯海演化相联系的盆地发育史，主要表现为特提斯洋和天山陆缘活动带南北对挤机制下产生的不均衡的升降运动，因此塔里木陆块呈现为东西向展布的透镜状，陆块西部隆起，东部为叠加式断陷，南北边缘发育山前逆冲推覆和古—新生代叠加式前陆盆地（柯坪、库车、塔西南等）。晚三叠世，在塔里木盆地北缘天山南麓的山前地带沉积了塔里奇克组，厚度 55～379m，为河流相和湖泊相，含可采煤层 1～10 余层，在库车一带含煤性比较好，含可采煤层 13 层，可采煤层总厚度 25m，为中、高变质的烟煤。早中侏罗世，在塔里木盆地北缘天山南麓的轮台、库车、拜城和温宿一带，沉积了早、中侏罗世的克拉苏群，厚度 1100～1700m，自下而上分为早侏罗世阿合组、阳霞组和中侏罗世的克孜勒努尔组和七克台组。阳霞组，中下部为河流相、沼泽相含煤沉积；中上部主要为湖泊相和沼泽相，在库车一带含可采煤层 1～8 层，煤层总厚度 8m 左右，向东增厚，可采煤层总厚度数十米。克孜勒努尔组，厚度 400～800m，以湖泊相和沼泽相为主，在库车和轮台含可采煤层 10 余层，总厚度 10 余米，煤种主要为低、中变质烟煤。在塔里木盆地的西南缘，杨叶西北的莎里塔什和乌拉根一带，沉积了早中侏罗世含煤地层叶尔羌群，自下而上分为四组：早侏罗世莎里塔什组、康苏组和中侏罗世杨叶组、塔尔朵组。莎里塔什组和康苏组主要为洪积相、河流相和沼泽相沉积；杨叶组和塔尔朵组，以湖泊相和沼泽相沉积为主。煤层主要位于叶尔羌群的中、下部，在乌恰一带含可采煤层 4 层，总厚度约为 6.5m。煤种主要为低中变质的烟煤。西北地区主要矿区和煤田煤种牌号见表 7－1。

表 7—1 西北地区主要矿区和煤田煤种牌号

矿区和煤田	时 代	煤 种	矿区和煤田	时 代	煤 种
窑 街	J_{1-2}	不粘煤、弱粘煤	汪朵秀	J_{1-2} C_2	气煤、肥煤、焦煤
炭山岭—大有	J_{1-2}	褐煤、气煤			
阿干镇	J_{1-2}	不粘煤、弱粘煤	石灰沟	C_2	瘦煤
宝积山	J_{1-2}	不粘煤、弱粘煤、气煤	阿力克	C_2	贫煤
王家山	J_{1-2}	不粘煤、弱粘煤	野牛河	C_2	肥煤
红 会	J_{1-2}	不粘煤	宁昌河	C_2	瘦煤
金塔北山	J_{1-2}	气煤、肥煤	焉耆	J_2 J_1 T_3	气煤、肥煤 气煤、肥煤 肥煤
九条岭	J_{1-2} C_2	无烟煤 无烟煤			
山丹平坡 —东水泉	J_{1-2} C_2	肥煤 肥煤、焦煤	塔北	J_2 J_1 T_3	气煤、弱粘煤 气煤、肥煤、焦煤 气煤、肥煤、焦煤、瘦煤
大通	J_{1-2}	长焰煤			
小峡	J_{1-2}	长焰煤	塔西	J_2 J_1	长焰煤、气煤、肥煤
聚乎更	J_{1-2}	肥煤、焦煤			
孤 山	J_{1-2}	贫煤	乌恰	J_2 J_1 T_3	肥煤、焦煤 肥煤、焦煤 气煤、天然焦
江 仓	J_{1-2}	肥煤、焦煤、瘦煤			
由古沟	J_{1-2}	瘦煤、贫煤			
外力哈达	J_{1-2}	不粘煤、贫煤	准南	J_2 J_1	长焰煤、不粘煤、气煤、肥煤 长焰煤、弱粘煤、气煤、肥煤
热 水	J_{1-2}	弱粘煤、焦煤、贫煤			
铁 迈	J_{1-2}	气煤	准东	J_2 J_1	长焰煤、弱粘煤、气煤、肥煤 长焰煤、气煤、肥煤
瓜 拉	J_{1-2}	长焰煤			
鱼 卡	J_{1-2}	长焰煤	准北	J_2 J_1	长焰煤、气煤、肥煤 长焰煤、气煤、肥煤
绿草山	J_{1-2}	长焰煤			
大煤沟	J_{1-2} J_1	不粘煤 不粘煤	伊宁	J_2 J_1	长焰煤、气煤、肥煤 长焰煤、气煤、肥煤
大头羊	J_{1-2}	贫煤	吐哈	J_2 J_1	长焰煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤 长焰煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤
默 勒	J_{1-2}	不粘煤、长焰煤			

7.2 煤层瓦斯的分布特征

西北地区目前煤矿开发的强度比较低，开采的深度比较浅，就现有情况看是一个矿井瓦斯涌出量比较低的地区。在所统计的 27 对统配矿井和 80 对地方国营矿井中，仅有 16 对

矿井为高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井，约占矿井总数的15%。高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井主要分布在褶皱比较强烈，压性和压扭性断裂比较发育、煤的成熟度比较高和煤层围岩及其上覆地层中泥岩或油页岩比较发育的地区，如准噶尔盆地南缘的乌鲁木齐矿区、阜康矿区，大通河中上游的铁迈矿区、瓜拉矿区和靖远煤田的宝积山矿区。此外，在某些矿区还有高二氧化碳矿井和煤、岩与二氧化碳突出矿井。现将该地区的瓦斯分布情况按以下4个瓦斯区即准噶尔盆地低瓦斯区，天山低瓦斯区，塔里木盆地北、西缘低瓦斯区和柴达木盆地北缘、祁连山低瓦斯区分述如下：

7.2.1 准噶尔盆地低瓦斯区

该区位于准噶尔褶皱系和天山褶皱系的北侧，包括，准南、准东、准西的矿区和煤田。含煤地层为早侏罗世的八道湾组、三工河组和中侏罗世西山窑组。该区现有统配矿井和地方国营矿井39对，其中，8对为高瓦斯矿井，1对为高瓦斯突出矿井，30对为低瓦斯矿井，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的23%，集中分布在开发强度较高的准南一带。该区可以进一步划分为以下3带：

(1)准南高瓦斯带　位于乌鲁木齐山前坳陷和准噶尔坳陷的南侧，东起吉木萨尔县、西至精河县，包括，水西沟、阜康、乌鲁木齐、玛纳斯、四树木、后峡、达板城等矿区和预测区。其中，乌鲁木齐矿区有统配矿井5对、比较主要的地方矿井4对，在这9对矿井中有4对为高瓦斯矿井，高瓦斯矿井占矿井总数的44%，为一高瓦斯矿区。尤其是乌鲁木齐矿区的西部，矿井的瓦斯涌出量一般都比较高，多在10m³/t以上，最高为26m³/t。阜康矿区有矿井7对，其中，4对为高瓦斯矿井，1对为高瓦斯突出矿井（大黄山煤矿），最大的突出强度为一次100余吨，瓦斯涌出量为6000m³/t，高瓦斯矿井和高瓦斯突出矿井占矿井总数的71%，为一高瓦斯突出矿区。

(2) 准东低瓦斯带　分布于准噶尔坳陷东缘和东准噶尔褶皱带的克拉美丽山和巴里坤山一带，包括克拉美丽和巴里坤煤田。该带有关煤层瓦斯的资料比较少，仅据红山农场煤矿和巴里坤县营煤矿矿井的相对瓦斯涌出量在10m³/t以下，暂定为低瓦斯带。不过从地质条件看，巴里坤煤田将来有可能出现部分高瓦斯矿井。

(3) 准北低瓦斯带　分布于准噶尔坳陷的西北缘和西准噶尔褶皱带的北侧，包括什托洛、塔城和克拉玛依煤田。该带现有主要地方矿井5对，矿井的相对瓦斯涌出量在5m³/t以下。

7.2.2 天山低瓦斯区

该区位于天山褶皱系，包括，吐鲁番—哈密、焉耆、巴音布鲁克和伊宁等煤盆地。含煤地层为早侏罗世的三工河组和中侏罗世的西山窑组。该区现有统配矿井和地方矿井19对，就现有资料看大部分矿井的相对瓦斯涌出量都在5m³/t左右或以下，为一低瓦斯区。该区可以进一步划分为以下3带：

(1) 吐鲁番、哈密低瓦斯带　位于天山东部博格达山、奇尔古斯套山和觉罗塔克山之间的吐鲁番—哈密山间坳陷内，包括鄯善—哈密、七泉湖、克尔街、五堡、大南湖、艾丁湖、艾吾尔沟和野马泉等7个矿区和煤田。该带煤层瓦斯方面原始资料比较少，据哈密一矿、艾吾尔沟煤矿、吐鲁番煤矿、托克逊煤矿等矿井了解，矿井的相对瓦斯涌出量都在10m³/t以下。煤层的瓦斯含量在克尔街为0.03～1.93mL/g（可燃基），哈密的北泉一带为0.04～0.27mL/g（可燃基），艾吾尔沟为6.95～21.49mL/g（可燃基），因而就现有资料看，除艾

吾尔沟将来可能为高瓦斯矿区外，其它矿区大部分可能为低瓦斯矿井。

(2) 焉耆低瓦斯带　位于南天山褶皱带，包括焉耆煤田。在焉耆煤田的哈满沟煤矿和巴州煤矿矿井的相对瓦斯涌出量都在 5m³/t 以下，在他什店测定的煤层瓦斯含量也比较低，为 0.12mL/g（可燃基）。

(3) 伊宁、巴音布鲁克低瓦斯带　位于天山中间隆起带的西部，包括伊犁、尼勒克、昭苏等矿区和煤田。据尼勒克矿区的尼勒克县煤矿、昭苏县煤矿等矿井资料，矿井的相对瓦斯涌出量都在 5m³/t 以下，在伊宁矿区塔拉地勘探区测定的煤层瓦斯含量为 0.21～1.56mL/g（可燃基）。

7.2.3　塔里木盆地北、西缘低瓦斯区

该区位于天山褶皱系南侧塔里木陆块北缘的库车山前坳陷和昆仑褶皱系东北侧、塔里木陆块西南缘的昆仑山前坳陷内，包括，塔里木盆地北缘和西缘各煤田。含煤地层有晚三叠世塔里奇克组，早侏罗世阿合组、阳霞组和中侏罗世克孜勒努尔组、七克台组。区内现有的生产矿井相对瓦斯涌出量都比较低，在 10m³/t 以下，为一低瓦斯区。不过根据预测，塔北的中、西部和塔西的康苏煤田有可能出现部分高瓦斯矿区。该区可进一步划分为以下 2 带：

(1) 塔里木盆地北缘低瓦斯带　位于库车山前坳陷。东起轮台，西到乌什，包括轮台，库车—拜城和温宿煤田。主要煤矿有轮台县煤矿、库车县煤矿，拜城县煤矿和温宿县煤矿，矿井的相对瓦斯涌出量都在 5～10m³/t 之间，煤层的瓦斯含量在库车的比龙勒包古孜勘探区为 0.068～0.3mL/g（可燃基），俄霍布拉克勘探区为 0.12～0.42mL/g（可燃基），铁列克勘探区为 0.28～3.14mL/g（可燃基）。

(2) 塔里木盆地西缘低瓦斯带　位于昆仑山前坳陷带的喀什、莎车一带，包括康苏和莎车煤田。规模稍大的地方矿井有 13 对，其中，阿克陶县、英吉莎县和叶城县煤矿矿井的相对瓦斯涌出量为 5～10m³/t，莎车县和泽普县煤矿等矿井相对瓦斯涌出量在 5 m³/t 以下。煤层的瓦斯含量在康苏煤田为 0.2～2mL/g（可燃基），布雅勘探区在 0.5mL/g（可燃基）以下。

7.2.4　柴达木盆地北缘、祁连山低瓦斯区

该区位于祁连山褶皱系和东昆仑褶皱系的欧龙布鲁克隆起与达肯大坂褶皱带的南侧，包括，北祁连山—河西走廊、中祁连山、柴达木盆地北缘的各煤田和靖远煤田。含煤地层为下石炭统怀头他拉组和臭牛沟组，中石炭统克鲁克群和羊虎沟群，上石炭统太原组，下二叠统大黄沟组，下侏罗统大西沟组、窑街组、木里群、小煤沟组和大煤沟组。据该区的 21 对统配矿井和 11 对地方国营矿井统计，高瓦斯矿井为 6 对（含突出矿井 2 对），高瓦斯高二氧化碳矿井 1 对，二氧化碳突出矿井 1 对，低瓦斯矿井 24 对。在各矿区测定的煤层瓦斯含量一般都在 2mL/g（可燃基）以下。该区可进一步划分为以下 5 个带：

(1) 北祁连山河西走廊低瓦斯带　位于北祁连褶皱带和走廊过渡带，包括，甘肃的山丹、九条岭、马营沟、旱峡、柳树沟和青海祁连县的阿力克、野牛台、宁昌河等矿区和预测区。主要煤矿有甘肃省九条岭和山丹煤矿，前者开采窑街组的煤层，矿井相对瓦斯涌出量为 6.61m³/t；后者开采太原组的煤层，矿井相对瓦斯涌出量为 1.34m³/t。此外，该带尚有州、县营煤矿数十处，分别开采羊虎沟群、太原组和窑街组的煤层。据调查这些矿井全为低瓦斯矿井，煤层瓦斯比较低的主要原因是开采深度比较浅；含煤地层大部分长期暴露

地表，遭受强烈的风化剥蚀；裂隙发育；煤层顶板多为一定溶蚀的石灰岩和透气性较好的砂岩。

（2）大通河中上游高瓦斯带　位于祁连中间隆起带与北祁连褶皱带的南侧。包括聚乎更、弧山、江仓、由古沟、热水、外力哈达、多罗、铁迈、瓜拉等矿区。其中，热水矿区有省营矿井2对：柴达尔平硐和海达尔斜井。前者相对瓦斯涌出量一般为1.55m^3/t，后者为0.5～1.0m^3/t，属低瓦斯矿井。在铁迈、瓜拉、江仓等矿区都有州、县营矿井，铁迈、瓜拉为高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量分别为22.56m^3/t和15.24m^3/t。此外，据测定外力哈达主要煤层的瓦斯含量为4.37mL/g（可燃基）；江仓为5.59mL/g（可燃基）；曲古沟两层主要煤层的瓦斯含量一为9.86mL/g（可燃基），另一为4.91mL/g（可燃基），预测为高瓦斯矿区。鉴于该带含煤地层褶皱比较强烈，逆断层比较发育，煤级比较高，煤层围岩及其上覆地层中透气性较差的岩层比较发育，在热水矿区及其以西一带分布着永久性冻土，对煤层瓦斯的逸出，具有较强的封隔性能，而目前的一些矿井开采的深度又比较小，大部分都在瓦斯风化带内，推测，随着采深的增大，深部为高瓦斯矿井甚至高瓦斯突出矿井。

（3）西宁民和低瓦斯带　位于祁连中间隆起带的东段和北祁连褶皱带东段的南侧，包括，青海省东部的西宁—大通盆地和甘、青交界的民和盆地，主要矿区有大通、小峡、窑街、炭山岭—大有和阿干镇。该带西南部的小峡和窑街矿区矿井瓦斯中二氧化碳含量高，曾经发生过煤与二氧化碳突出。大通矿区有统配矿井2对，矿井的瓦斯涌出量除临近断层部位较高外，相对瓦斯涌出量一般都在5m^3/t以下，属低瓦斯矿井，对元术尔矿井向深部开采，推测为高瓦斯矿井。小峡矿区有县营矿井1对，矿井相对瓦斯涌出量最高达到102.96m^3/t，其中，甲烷为39.17m^3/t，二氧化碳为63.79m^3/t，预测为一高瓦斯高二氧化碳矿井。窑街矿区有统配矿井5对，矿井相对瓦斯涌出量为1.48～4.55m^3/t，属低瓦斯矿区，但该矿区的三矿皮带斜井煤层的二氧化碳含量高，曾于1977年2月发生过二氧化碳喷出，在20min内喷出二氧化碳4926m^3；1978年5月又发生过煤与二氧化碳突出，突出强度为1030.32t/次（其中煤占80%），24h内喷出瓦斯24万m^3，其中二氧化碳占95.9%～96.6%。此外，该矿区南部的海石湾一带目前尚未开采，据地质勘探资料煤层的甲烷含量为1.697mL/g（可燃基），并呈北低南高的变化趋势；二氧化碳的含量为2～9.48mL/g（可燃基）；与三矿皮带斜井二氧化碳突出有关的F_{10}断层又通过该区的中部；将来该区可能仍为一存在有二氧化碳突出危险的矿井，南部矿井的瓦斯涌出量也有增高的可能（图7－2）。大有矿区有县营矿井1对，为低瓦斯矿井。炭山岭有统配矿井1对，矿井的相对瓦斯涌出量为12.5m^3/t，为高瓦斯矿井。阿干镇矿区有统配矿井2对，矿井的相对瓦斯涌出量分别为1.05m^3/t和2.17m^3/t，为低瓦斯矿井。

（4）靖远、宝积山高瓦斯带　位于祁连山褶皱系的东段，主要包括，王家山、宝积山和红会矿区。该带现有统配矿井9对，在建井3对。在统配矿井中，有7对矿井的相对瓦斯涌出量为1.37～3.95m^3/t，为低瓦斯矿井，这些低瓦斯矿井主要分布在红会和王家山矿区，有2对矿井（宝积山和大水头矿）为高瓦斯矿井，矿井的相对瓦斯涌出量分别为12.24m^3/t和26.57m^3/t，并发生过煤与瓦斯突出，为高瓦斯突出矿井，这2对矿井都位于宝积山矿区。此外，正在建井的宝积山矿区的魏家地矿二号回风斜井，在掘进中曾发生煤与瓦斯突出，突出强度煤为510t/次，岩石为140t/次；一号回风斜井在钻探过程中也发生过煤与瓦斯突出，突出强度煤为50t/次，宝积山矿区预测为一高瓦斯突出矿区。据测定王

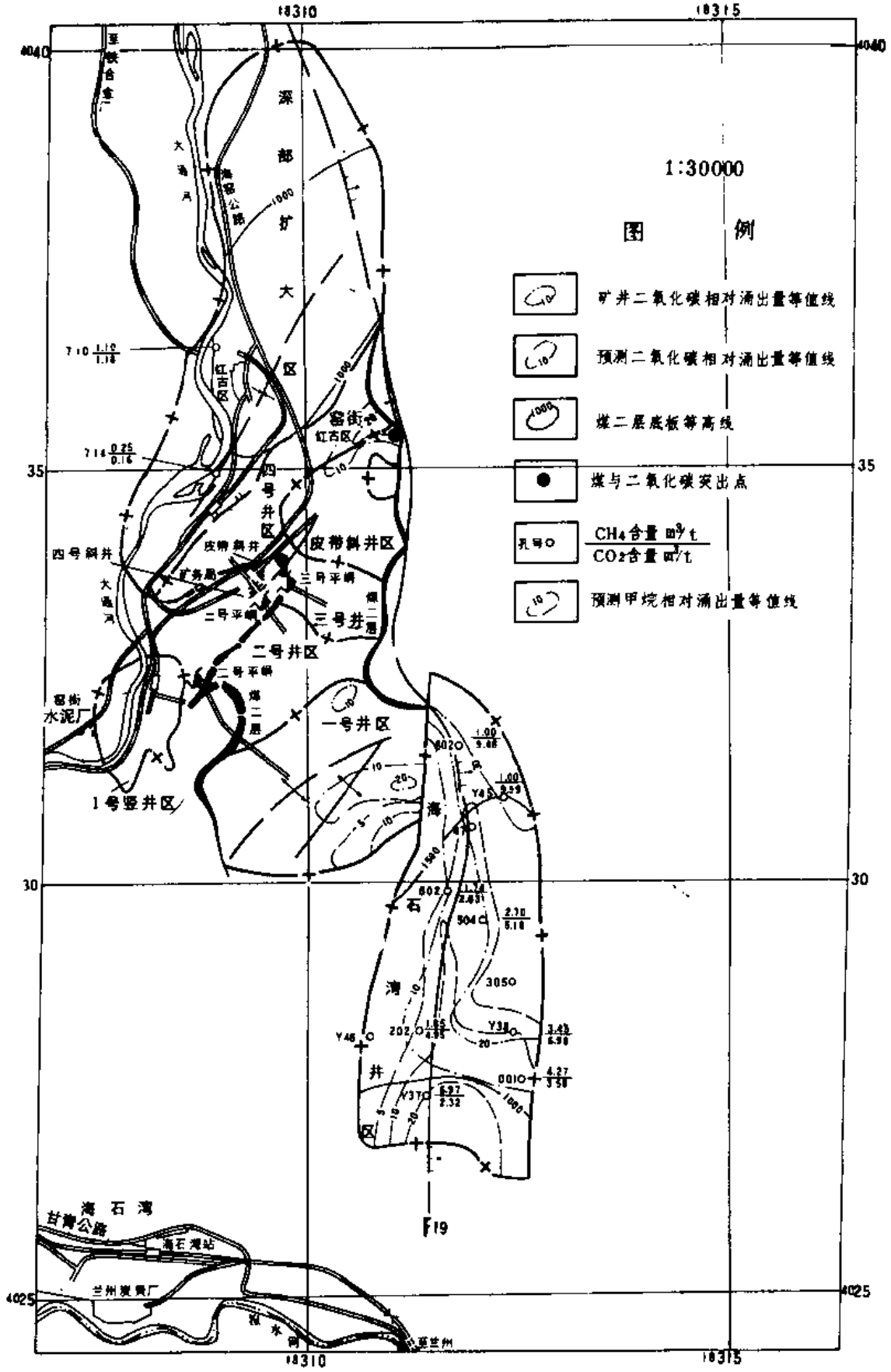


图 7—2 窑街矿区瓦斯地质图

家山矿区深部主要煤层，二煤层的瓦斯含量为 5.2mL/g（可燃基）；四号煤层为 2.28～20.27mL/g（可燃基），若向深部开采，矿井的瓦斯涌出量将会增高，为高瓦斯矿井甚至高瓦斯突出矿井。

（5）柴达木盆地北缘低瓦斯带　位于欧龙布鲁克隆起带与达肯大坂褶皱带的南侧，包括，鱼卡、绿草山、大煤沟、汪朵秀、石灰沟矿区。该带现有地方煤矿数处，据现有资料，仅绿草山煤矿矿井的相对瓦斯涌出量就达 27.25m^3/t，属高瓦斯矿井，其余各矿井的相对瓦斯涌出量通常都在 1.0m^3/t 以下，为低瓦斯矿井。在煤、气、油共生的地区内，矿井的瓦斯涌出量大，在烃类气体的组成中，重烃的含量高，如冷湖和鱼卡一带。

第八章　川滇青藏地区和台湾省的瓦斯地质概况

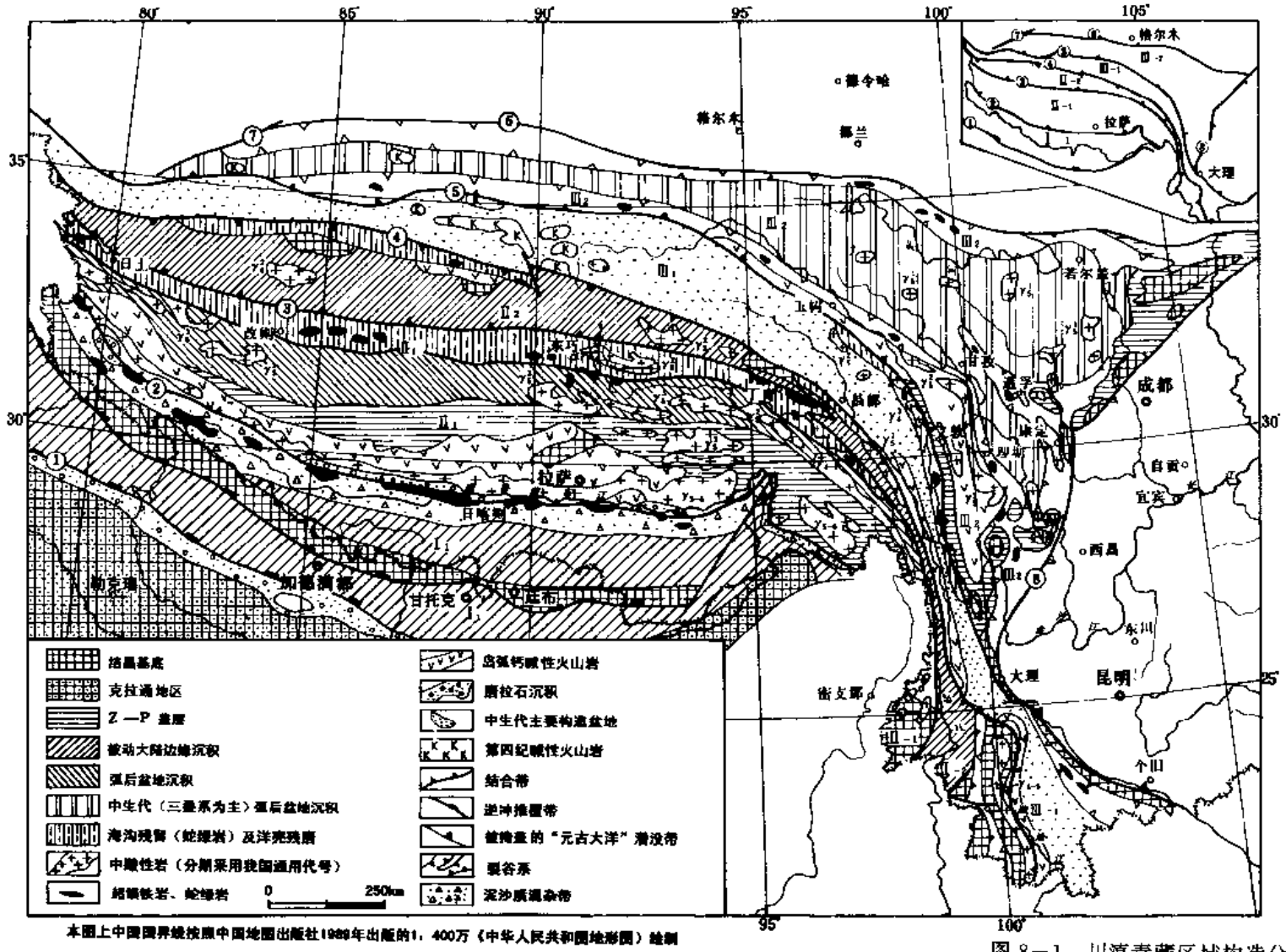
8.1　川滇青藏地区的含煤地层和煤层瓦斯概况

川滇青藏地区包括西藏自治区、云南省的西部、四川省的西部和青海省的南部，主体是青藏高原，还包括了喜马拉雅山脉。西部地质构造呈东西向展布，山脉及水系大致平行于构造走向；由西向东，地质构造急转南北向，山脉及水系亦随之急转，成为著名的横断山脉；在急转部位，地壳遭受强烈挤压、抬升，河流下切，形成陡峻之“三江峡谷”；区内各构造单元压缩成束状，呈现独特的地质地貌景观。更向南，各构造线、山脉水系等复又逐渐撒开，呈帚状向南延伸，海拔标高亦逐渐降低，而与东南亚地区的大地构造单元相接。

该地区所处大地构造单元如图 8－1 所示，冈瓦纳印度板块（Ⅰ）北缘的喜马拉雅（逆冲）板片（$Ⅰ_1$）、藏滇中间板块（Ⅱ）（土耳其—中伊朗—冈底斯中间板块的中国部分），（Ⅰ）的冈底斯—腾冲（陆缘）活动带（$Ⅱ_1$）和羌中南—唐古拉—保山陆块（$Ⅱ_2$，简称羌中南—保山陆块）以及华南板块（Ⅲ）的羌北—昌都—思茅（微）陆块（$Ⅲ_1$，简称羌北—思茅陆块）和松潘—甘孜（陆缘）活动带（$Ⅲ_2$）等 5 个主要构造单元。还有 $Ⅰ_1$、$Ⅱ_1$ 之间的印度河－雅鲁藏布江结合带（简称雅鲁藏布江结合带），$Ⅱ_1$、$Ⅱ_2$ 之间的班公错—东巧—怒江结合带（简称怒江结合带），$Ⅱ_2$、$Ⅲ_1$ 之间的空喀拉—温泉—澜沧江结合带（简称澜沧江结合带），$Ⅲ_1$、$Ⅲ_2$ 之间的拜惹布错—金沙江结合带（简称金沙江结合带），以及主要同松潘—甘孜活动带接触并与金沙江结合带东南段几乎重合的红河—龙门山推覆带。该区的一些陆块和（陆缘）活动带具有微板块性质，而结合带则为板块或微板块聚敛作用所形成。全区含煤地层发育比较齐全，分别有下石炭统的马查拉组，上二叠统的妥坝组、乌丽组，上三叠统的土门格拉组、巴贡组，中侏罗统的普那组，下白垩统的拉萨群、多尼组、川坝组，上白垩统的秋乌组以及第三系。

8.1.1　下石炭统马查拉组

马查拉组主要分布在羌北—昌都—思茅（微）陆块（$Ⅲ_1$）的丁青、类乌齐、妥坝、贡觉、芒康等地，呈近南北向延展，向北延入青海的囊谦加麦弄，厚度约 1080m，下与上泥盆统整合或假整合接触，上与中石炭统假整合接触。马查拉组下部为含煤碎屑岩、泥灰岩段，厚度 560m 以上，为滨海相沉积；上部为灰岩段，厚度 520m 以上，为浅海沉积。马查拉组在北段青海囊谦加麦弄含薄煤 10 余层，呈透镜状，局部出现中厚煤层。向南至青藏边界的白家铺一带，煤层层数达 70～80 层，含可采和局部可采煤层 20 余层，一般为薄煤层。到马查拉一带，含煤层达 80 余层，多为薄煤层或极薄煤层，局部为中厚煤层。在南段的金多、加卡等地含煤 4 层，为透镜状的薄煤层，稳定性差。马查拉组煤的变质程度比较高，为无烟煤。



本图上中国国界线按照中国地图出版社1989年出版的1：400万《中华人民共和国地形图》绘制

图 8－1　川滇青藏区域构造分区略图

一、板块

Ⅰ. 印度板块

Ⅰ$_1$喜马拉雅（逆冲）板片

Ⅰ. 藏滇（中间）板块

Ⅰ$_{-1}$冈底斯—腾冲（陆缘）活动带

Ⅰ$_2$羌中南—唐古拉—保山陆块

Ⅱ. 华南板块

Ⅱ$_{-1}$羌北—昌都—思茅（微）陆块

Ⅱ$_{-2}$松潘—甘孜（陆缘）活动带

二、结合带

①西瓦里克主边界断裂

②印度河—雅鲁藏布江结合带

③班公错—东巧—怒江结合带

④空喀拉—温泉—澜沧江结合带

⑤拜惹布错—若拉岗日—金沙江结合带

⑥阿尼玛卿—玛沁—略阳断裂带

⑦阿尔金断裂

⑧龙门山—红河（被掩盖的）推覆带

8.1.2 上二叠统妥坝组和乌丽组

妥坝组主要分布于羌北—昌都—思茅（微）陆块（Ⅲ$_1$）的罗都、妥坝、察雅、巴贡、芒康等地，向西北延入青海乌丽，向南延入云南西部，此外，在藏北双湖、申扎县一带亦有零星分布。妥坝组总厚度1900m，为海陆交替相沉积，其岩性下部为砾岩、砂岩、粉砂岩和碳质泥岩夹煤线，厚度667m；中部为碳质泥岩夹石英砂岩、粉砂岩及煤层，厚度216m；上部为粉砂岩夹泥岩，厚度744m；顶部为角闪安山岩和安山集块岩。妥坝组的含煤性以妥坝一带最好，向南北延伸含煤性变差。含可采和局部可采煤层2～4层，单层厚度约0～1m，厚度变化大，多为似层状或透镜状煤层。煤种为中、低变质程度的烟煤。

乌丽组，分布于唐古拉山以北，昆仑山以南地区。厚度1800m左右，下伏为下二叠统的浅海相沉积，上覆为三叠系红层。乌丽组为海陆交替相沉积，自下而上分为四段：第一段总厚度1100m左右，岩性为灰绿色砂质页岩、细砂岩、灰黑色页岩，含煤10层，有5层可采；第二段总厚度约300m，为灰绿色厚层状中粗粒砂岩；第三段厚度约200m，为紫红色页岩夹细砂岩；第四段厚度约300m，主要为灰绿色砾岩，煤层厚度在乌丽矿区达10m左右，煤种主要为高变质程度的烟煤。

8.1.3 上三叠统土门格拉组和巴贡组

土门格拉组主要分布于唐古拉山南麓的那曲地区，为滨海平原沉积，分上、下两部分：下部不含煤层，厚度584m，以泥岩为主；上部由砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层组成，厚度约2500m。自下而上分为七个煤段：第一含煤段，厚度766m，由石英砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层组成，含煤14层，可采者2～3层，一般单层厚度0～0.92m；第二含煤段，厚度384m，为粉砂岩夹泥岩，含煤3层，1层可采，厚度0～2.54m；第三含煤段，厚度170m，以细砂岩和泥质粉砂岩为主，含煤4层，可采厚度0.77～0.9m；第四含煤段，总厚度218m，下部为石英砂岩，含煤10层，有2层可采，厚度2.67～5.62m，上部为粉砂岩、泥岩和石英砂岩互层；第五含煤段，厚度461m，岩性为石英砂岩及钙质泥岩，含煤13层，有2层可采，一般厚度0.3～5.79m；第六含煤段，厚度约322m，岩性为石英砂岩、泥岩及粉砂岩，含煤20层，仅1层可采，一般厚度0～1.17m；第七含煤段，厚度约200m，以厚层石英砂岩为主，夹粉砂岩、泥岩、局部夹石灰岩及煤组。土门格拉组的含煤性在土门格拉一带最好，含煤68层以上，有20层可采。向南在聂荣、索县、八达松多一带含煤性变差，约含煤8～12层左右。煤种以中高变质程度的烟煤为主。

巴贡组，主要分布于罗都地区，厚度1836m，与下伏的晚三叠世早期的波里拉组整合接触，局部为假整合接触，滨海平原沉积，分上、下两段：下段为阿堵拉段，厚度1089m，岩性为黑色泥岩夹粉砂岩、砂岩；上段为夺盖拉段。该段下部厚度248m，岩性为粉砂岩、碳质泥岩夹薄层细砂岩和泥岩，含煤30余层，可采2～3层，厚度0.1～1m。该段上部为砂岩、粉砂岩、泥岩夹煤线，厚度499m。巴贡组在扎马至穷卡一带，含煤30余层，在夺盖拉一带含煤29层，有6层可采，更南至芒康一带已无可采煤层。煤种主要为中高变质程度的烟煤和无烟煤。

8.1.4 中侏罗统普那组

普那组位于冈瓦纳印度板块（Ⅰ）北缘的喜马拉雅（逆冲）板片（Ⅰ$_1$）上的定日县帕卓区普那村，属海陆交替相沉积，厚度1093m，分上、中、下三部分：下部含煤段，岩性为中粒砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层，厚度467m；中部石灰岩段，岩性为石灰岩夹钙

质砂岩、泥岩及粉砂岩，厚度 152m；上部砂岩、泥岩段，厚度 474m。与上、下侏罗统浅海相沉积整合接触。

8.1.5 下白垩统拉萨群和上白垩统秋乌组

拉萨群分布于拉萨以北堆龙德庆、林周、墨竹工卡一带，厚度 717m，岩性下部为粉砂岩、泥岩夹煤 3～4 层；中部为石英砂岩、粉砂岩、泥岩夹石灰岩；上部为泥岩、粉砂岩、夹煤 2～3 层，煤层单层厚度约 0.32～2.0m。与拉萨群相当的早白垩世含煤地层尚有多泥组、川坝组。其中，多泥组分布于怒江以西的八宿、洛隆、边坝及波密等地，厚度 1020m，自下而上分三段：下段为厚层状砂岩夹深灰色粉砂岩、泥岩，局部夹煤线；中段为粉砂岩、砂岩、泥岩互层，含薄煤层 15 层；上段为粉砂岩、泥岩互层，含薄煤层 4 层。煤层单层厚度约 0.2～0.6m。川坝组出露于改则川坝至托乎那一带，厚度 900m，含可采煤层 6 层，单层厚度 0.3～1.2m，岩性为砂岩、粉砂岩、泥岩互层。早白垩世煤的变质程度比较高，以高变质烟煤和无烟煤为主。

晚白垩世秋乌组，沿雅鲁藏布江分布，东起日喀则，西经昂仁至木桑都有出露，厚度 111～184m，为海陆交替相沉积，岩性底部为砾岩、中上部为砂岩、粉砂岩、泥岩夹流纹岩、流纹集块岩和凝灰质砂岩。在东嘎煤矿含煤 25 层，可采和局部可采者 7 层，平均可采厚度为 3.4m。吉松至洛洪一带，含煤 7～16 层，可采者 1～3 层，平均可采厚度在 1.3m 以上。煤种主要为中等变质程度的烟煤，个别地段变质为石墨。

8.1.6 第三系

下第三系芒回组：分布于滇西南部沧源县芒回矿区一带，其时代为渐新世，属陆相沉积，厚度 270m，含多层薄煤层，局部为中厚煤层和厚煤层，最大厚度为 4m 左右。煤种为低变质程度的烟煤。此外，在拉萨附近还分布有渐新世的含煤地层芒乡组，在西藏西部噶尔县的门土一带分布有始新世的含煤地层门土组，都含有煤层多层。

上第三系：在滇西分布很广，多为小型的内陆盆地沉积。现以剑川和腾冲一带的含煤地层为例简述如下：

在剑川西北双河一带分布的上第三系称双河组，厚度 165m，分上、中、下三部分：上部厚度 70m，为薄层长石砂岩，含煤 2 层，下层厚度 0.2～2m，上层为不可采的薄煤层；中部厚度 50m，为深灰色中厚层状泥灰岩；下部厚度 45m，为黄灰浅灰色中厚层状钙质细砂岩及粉砂岩，含煤 4 层，单层厚度 0.2～1.7m。双河组煤层以低变质烟煤为主，但亦有中高变质程度的烟煤及半石墨化的无烟煤。

滇西腾冲—梁河—保山一带分布的上第三系为腾冲组，不整合覆于燕山期花岗岩之上。其厚度在盆地中心约 1000m，向西减薄，约 700m，岩性为灰绿色页岩、砂质泥岩、中粒砂岩和砂砾岩，泥岩比较发育，厚约数百米，煤层顶、底板常为砂砾岩。腾冲组含煤 5～8 层，均为似层状的薄煤层，可采者仅 2 层，总厚度 3.7m。煤种为褐煤及低变质程度的烟煤。

上第三系仅分布于西藏的个别地区，其中，分布于藏南的木林县宗当盆地的晚第三纪含煤地层，厚度 959m，分上、中、下三部分：下部称金棠组，为砾岩、粗砂岩及煤线，总厚度 165m；中部为才多组和宗当组，为粉砂岩、砂岩、含砾粗砂岩，含油页岩 1～2 层，煤 2～3 层，厚度 355m；上部为尼姑庙组、雅龙山组和荣龙组，为砂岩、砂砾岩和灰色粉砂岩互层，夹薄煤 5～6 层，厚度 404m。

川滇青藏地区属于特提斯构造域，该构造域为冈瓦纳大陆与劳亚大陆之间的构造域。由

于板块构造活动从华力西期开始，特提斯洋由北而南逐渐拉张、闭合，每一次板块的缝合都导致两条以上俯冲带的形成，因而出现结合带、陆块和构造岩浆带的条带状分布格局。多期的造山旋回以及多次强烈的A型俯冲是特提斯构造域的主要特点，每次洋壳的消减都伴以大陆增生，显示由萌特提斯→古特提斯→新特提斯演化，并出现构造运动主旋回由北而南，从老到新的演化模式。由晋宁期元古大洋潜没于扬子古陆开始，加里东期塔里木、华北陆块与华南板块的会聚，扬子陆块增生；华力西—印支期金沙江及澜沧江一带古特提斯的闭合，使藏滇板块拼接于华南板块之上；最后沿雅鲁藏布江形成结合带，使印度板块与欧亚板块聚合。由于最后的喜马拉雅构造运动驱使印度板块向欧亚板块强烈挤压，致使澜沧江以西条带状构造最为明显，向北构造亦渐趋宽缓。川滇青藏地区，构造上由5条蛇绿岩带的结合带与5个地体相间排列，显示构造强烈挤压、剧烈的造山和岩浆运动特点。晚古生代和中生代的煤层受到深成变质和岩浆热变质双重煤化作用，具有较高的变质程度；第三纪的煤层在大部分区达到了生烃量较高的成熟期。尤其是喜马拉雅期，藏滇板块的不断隆升，使早已形成的含煤地层遭受强风化剥蚀作用。该地区目前矿井均在浅部瓦斯风化带开采，全属低瓦斯矿井，随着深度增加，很可能出现较多的高瓦斯矿井，甚至不断增加煤与瓦斯突出的危险性。

8.2 台湾省的含煤地层和煤层瓦斯概况

台湾省在大地构造上归属于我国华南板块的台湾活动带（台湾褶皱带）。它属于弧陆碰撞造山带，该带西部的中央山脉北与钓鱼岛隆起相接，东部的海岸山脉与吕宋岛弧联为一体。喜马拉雅晚期（上新世以来），菲律宾海板块向冲绳海沟俯冲，致使冲绳海槽扩张，东海陆架盆地收缩，台东发生弧陆碰撞形成碰撞造山带（蓬莱运动），其西侧则依次出现前陆褶皱带（中央山脉褶皱带）和前陆盆地（台澎断陷带），迄今造山作用仍在向西推进。

台湾是我国晚第三纪的主要含煤区，主要形成于晚第三纪中新世，含煤地层有野柳群的木山组，瑞芳群的石底组和三峡群的南庄组。

木山组，地层厚度450～700m，下部常为薄层砂岩和厚层页岩互层；中部为薄层状砂岩和砂页岩互层；上部以中粗粒砂岩为主，间夹薄层砂页岩和煤层，为海陆交替相沉积。煤系中常见有呈透镜状、细条状的玄武质凝灰岩或少量熔岩。该含煤地层，主要分布于基隆—台北和桃园等地。在基隆、汐止，含有3层可采煤层，煤层厚度几厘米到0.6m，其它地方厚度约0.20～0.40m。

石底组，地层厚度300～500m，整合于野柳群大寮组之上，在田寮港、汐止、四脚亭、武丹坑和青铜等煤田较为发育，岩性主要为砂页岩夹煤层，为海陆交替相沉积。含煤6层，单层煤厚度0.2～6.5m，可采煤层多位于上部，平均厚度0.3～0.6m左右，常有局部增厚现象，主要发育于新竹、苗栗等地区。

南庄组，地层厚度650～1000m，为一套海陆交替相碎屑岩沉积，在台湾中北部的新竹县和苗栗县，一般含煤3～4层；在桃园一带，一般含煤1～2层，为延续性差的薄煤透镜体，在汐止，煤层厚度仅0.3m左右。

台湾第三纪煤具有熔点低、燃烧快、发热量高、火焰长、灰分低等特点，其主要分析指标见表8—1。煤的变质程度一般相当于长焰煤、气煤阶段。嘉乐、南庄煤田的煤级较高，

表 8—1　台湾第三纪煤的煤岩煤质特征

性质 / 分组	水分 (%)	挥发分 (%)	固定碳 (%)	灰　分 (%)	发热量 (MJ/kg)	硫　分 (%)	粘结性	自然风化速度
南庄组	4.0～5.5	39.5～40.1	31.3～32.7	20.5～22.2	22.7～23.5	1.2～3.0	无	甚快
石底组	2.5～5.3	40.5～41.2	43.5～44.5	8.5～10.4	27.3～30.0	1.0～3.5	粘、弱粘	快
木山组	1.5～2.0	36.5～37.2	48.5～49.7	9.51～1.4	29.9～31.5	1.5～2.5	强粘	慢

达到中挥发分烟煤。

台湾省煤田的煤层瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量，目前了解很少，仅知小型矿井有一、二百对，并有相当数量的高瓦斯矿井。台湾构造挤压作用极为强烈，主要表现为挤压褶皱和逆冲推覆，迄今仍在活动。深部有高瓦斯赋存、高瓦斯涌出和煤与瓦斯突出的危险性。

第九章　煤层瓦斯资源及开发前景

9.1　概　　述

煤层瓦斯是煤层在地质历史时期形成过程中的伴生物，可以说整个煤炭生产过程都是与瓦斯作斗争的过程，煤炭生产的各个不同阶段（勘探、设计、建井和生产）都会遇到瓦斯问题。煤层瓦斯灾害性具有普遍意义，几乎全世界所有的煤矿都不同程度地受到了瓦斯的威胁，瓦斯爆炸事故常造成极其惨重的人身伤亡和巨大的经济损失。据统计，1950～1990年间中国发生瓦斯爆炸和瓦斯突出事故1.5万次，死亡100人/次以上的特大型瓦斯事故14起。我国煤矿发生的特大、大型人身伤亡事故中，瓦斯灾害占90%以上。

煤层瓦斯作为一种能源进行开发利用，日益受到了世界上各主要产煤国的重视，并都投入了大量的人力和物力。美国、澳大利亚、俄罗斯、加拿大、德国、波兰、比利时、英国不仅探明的瓦斯资源量大，而且开发技术先进。特别是美国煤层瓦斯资源的开发具有得天独厚的自然条件，开发程度最高，开发技术在世界上处于领先地位。美国在煤层开采前利用地面钻孔开发煤层瓦斯资源获得了很大的成功，全美1988年甲烷产量为16亿m^3，1995年已达275亿m^3，增长速度很快。亚拉巴马州黑勇士盆地橡树林煤矿经过11年的地面开发，瓦斯采出率为73%，基本上消除了瓦斯对煤矿生产的威胁；澳大利亚悉尼盆地的西山矿和安平矿采用多种瓦斯抽放方法，矿井瓦斯抽出率分别为55%和65%，有效地保证了矿井的安全生产。

中国是发现煤矿瓦斯和进行瓦斯抽放最早的国家，1637年，明代自然科学家宋应星，在《天工开物》巨著中，叙述了煤矿开采过程中瓦斯涌出和抽放瓦斯的初期工艺，即“初见煤炭时，毒气灼人，有将巨竹凿去中节，尖锐其末，插入炭中，有毒气从竹中透上。”书中提及的毒气也就是煤矿瓦斯。抚顺是我国最先抽放和利用瓦斯的矿区，1938年开始进行采空区的瓦斯抽放和利用试验；1951年用巷道预抽开采煤层瓦斯获得成功；1952年就已经开始大规模抽放瓦斯。阳泉煤矿，1954年开始在四矿一坑开展15号煤层采空区封闭抽放瓦斯试验，1957年针对开采过程邻近层瓦斯涌出量大、单靠通风方法无法解决工作面瓦斯超限问题，在四矿三坑12号煤层的4011工作面进行顶板岩石尾巷、地面垂直钻孔和井下顶板穿层钻孔，抽放邻近层瓦斯试验和研究并获得成功，随即在该局各矿推广应用。邻近层瓦斯抽放方法在鸡西、辽源、北票、包头、南桐、中梁山、天府、松藻、六枝、水城等局矿的一些矿井中得到了应用和发展。至此，中国的煤层瓦斯开发已纳入正规。

由于各矿区矿井地质条件、开采技术条件和瓦斯赋存特征的不同，在矿井生产过程中瓦斯涌出的规律也有很大的差别。因而，所采取的瓦斯抽放方法也不相同。“六五”以来随着中国煤炭工业的发展，产量集中、开采强度和范围加大，矿井瓦斯涌出量急增，瓦斯突出对煤矿开采的影响程度逐年增加，不少矿区都采用本煤层瓦斯抽放技术措施来防治瓦斯突出，矿井瓦斯抽放量持上升趋势，如重庆地区，六盘水地区，河南焦作、平顶山、鹤壁

地区，四川芙蓉和东北的鹤岗、鸡西矿区等。近几年来，在低透气性煤层中采用了“高负压、严封闭、综合抽”的技术手段，抽放瓦斯取得了可喜的成就。据不完全统计，全国110对瓦斯抽放矿井中，本煤层瓦斯抽放矿井有58对，瓦斯抽出量占42.4%，邻近层瓦斯抽放矿井44对，瓦斯抽出量占52.8%，其余的为抽放围岩或采空区瓦斯，瓦斯抽出量占5.8%。在中国形成了抽放方法齐全（邻近层、本煤层、采空区和围岩瓦斯抽放），经验成熟，技术装备完善的矿井瓦斯抽放体系。瓦斯抽放的目的由单一性（防治瓦斯自然灾害）过渡到双重性（防治瓦斯和瓦斯资源的开发利用），从安全型迈向了安全效益型。全国135个抽放瓦斯矿井瓦斯抽放量达到了6.3×10^{1}万m^3，与1980年的2.934×10^{4}万m^3相比增加了1倍多，利用率达63%。1980～1996年中国主要矿区煤层瓦斯抽放量见表9—1。特别是1990年以后瓦斯抽放矿区和抽放量1000万m^3以上矿区的增加，说明中国煤层瓦斯抽放和利用已具有相当的规模。

表9—1　中国主要矿区煤层瓦斯抽放总量（据孙茂远等）

煤矿区	煤层瓦斯年抽放量（万m^3）					
	1980年	1985年	1990年	1993年	1995年	1996年
辽宁抚顺	9988	10212	10863	11336	12231	11362
山西阳泉	8578	8952	7691	9053	9268	10095
重庆松藻	1070	3409	5923	7631	5642	6522
重庆天府	544	1291	2259	2510	2739	2710
重庆南桐	170	718	2200	2027	2066	2093
重庆中梁山	1857	1883	2150	2207	2084	2198
四川芙蓉	57	124	1243	1410	2703	2708
贵州六枝	194	466	1100	1841	2047	2011
河南焦作	227	386	1026	1227	1353	1347
辽宁铁法	252	180	1017	1626	2211	2352
河北开滦	308	444	835	807	851	850
江西丰城	977	467	801	827	904	1032
河北峰峰	449	625	762	989	1357	1315
河南鹤壁	521	691	712	648	950	908
辽宁北票	359	209	593	657	393	471
贵州盘江		0.81	564	1500	2058	1829
黑龙江鸡西	247	734	542	337	151	159
贵州水城	193	164	535	1275	1947	2023
内蒙古包头	1844	420	466	0	0	0
安徽淮南	247	174	406	420	500	660
黑龙江鹤岗	322	110	395	988	635	1255
山西固庄		128	368	375	320	335
山西阳春	348	116	351	370	410	199
安徽淮北	169	425	316	466	453	504
山西西山	86		150	147	595	121

续表

煤矿区	煤层瓦斯年抽放量（万 m^3）					
	1980 年	1985 年	1990 年	1993 年	1995 年	1996 年
湖南涟邵	31	160	140	167	179	251
江西萍乡		89	44	128	140	155
吉林辽源	239	125	37	0	408	165
辽宁红阳		4	17	22	174	187
宁夏石炭井			6	1104	1466	2162
江西英岗岭		20	4	13	18	42
湖南白沙	25				0	22
四川广旺				370	135	218
四川永荣				144	238	281
宁夏石嘴山				2	118	165
陕西铜川				505	590	780
陕西韩城				109	118	110
甘肃靖远				200	384	441
甘肃窑街				20	0	15
河南平顶山				65	330	579
山西南庄				783	1153	536
广东梅田				65	160	155
全国合计	29341	33013	43434	54304	60036	63383

9.2 资 源 评 价

中国的煤炭资源丰富，成煤期数多，分布面积广，煤种齐全，分布在不同含煤盆地。从区域上来看中国煤炭资源主要分布在石炭二叠系（北方）、下石炭统、上二叠统（南方）、上三叠统（南方）、上三叠统—中下侏罗统（西北）、上侏罗统—下白垩统（东北）、第三系。其中，石炭二叠系和中下侏罗统所占比重最大，埋藏深度 2000m 以浅（截止 1988 年底统计数），中国煤炭资源总量 62024 亿 t，说明中国的煤层瓦斯资源量相当大。

关于煤层瓦斯资源量的大小，国内不同部门有不同的算法。石油部以中国煤炭预测地质储量和碳质岩层含碳量 5 万亿 t 计算煤层瓦斯资源量约为 10 万亿 m^3；煤炭工业部根据煤炭储量和拥有的可采煤成气量的比例关系与中国进行类比，预计煤层瓦斯资源量为 1810 万亿 m^3；地质矿产部石油地质研究所选择我国 20 个含煤盆地分层系、分块段计算煤层瓦斯资源量为 11.8～1910 万亿 m^3，见表 9－2。根据 20 个盆地的分布状况和主要煤系可分为 5 个大区：华北区，即华北地台区，包括，鄂尔多斯、华北、沁水、晋中和北票—阜新盆地；西南区，四川盆地、黔西和楚雄盆地；西北区，包括，准噶尔、塔里木、吐鲁番—哈密、三塘湖和伊宁盆地等；东北区，包括，三江、上黑龙江盆地、海拉尔、巴音和硕和多伦盆地群；东海—台湾区。其中，鄂尔多斯、华北盆地、东海盆地、四川盆地、准噶尔盆地、塔里木盆地的煤层瓦斯储量超过万亿 m^3，占全国煤层瓦斯资源量的 81.57%，可以反映我国

表 9—2 中国主要含煤盆地煤层瓦斯资源量预计表（据冯福凯等）

编号	煤 盆 地	煤系时代	煤炭资源量（亿 t）	分散资源量（亿 t）	瓦斯资源量（万亿 m^3）	占总量百分比（%）
1	柴达木	C_2		2911.3	0.166	0.87
2	东海	N_1—N_2	5120.1	47702.1	1.955	10.18
3	海拉尔盆地群	J_3—K_1	1013.2	268.9	0.017	0.09
4	三江	J_3—K_1	1014.0	1166.1	0.176	0.92
5	巴音和硕盆地群	J_3—K_1	2522.1	1815.6	0.077	0.40
6	多伦盆地群	J_3—K_1	971.5	576.9	0.021	0.11
7	上黑龙江	J_2		2796.8	0.113	0.59
8	准噶尔	T_3—J_{1-2}	6946.0	9220.7	1.202	0.26
9	塔里木	T_3—J_{1-2}	212.8	6787.1	1.100	5.73
10	吐鲁番	J_{1-2}	7080.8	3705.8	0.539	2.81
11	三塘湖	J_{1-2}	2584.0	1155.0	0.269	1.40
12	伊宁	J_{1-2}	2661.0	821.0	0.174	0.90
13	四川	T_3	2036.8	8715.4	1.593	8.30
	四川	P_2	1850.0	1725.0	0.919	4.79
14	楚雄	T_3	440.0	2993.1	0.949	4.94
15	黔西	P_2	5140.0	1387.7	0.340	1.77
16	晋中	CP	650.0	120.7	0.099	0.52
17	沁水	CP	3640.0	676.2	0.556	2.90
18	华北	CP	20624.0	10779.3	4.034	21.01
19	鄂尔多斯	J_{1-2}	12760.0	3359.3	0.621	3.24
	鄂尔多斯	J_{1-2}	20767.0	939.6	4.235	22.06
20	北票—阜新	J_{1-2}、K_1	370.0	518.9	0.041	0.21
合计			98367.3	118142.5	19.196	100

煤层瓦斯资源的总的面貌。

9.3 开发和利用前景

中国的煤层瓦斯资源主要是取决于煤炭资源的分布。中国主要含煤盆地煤层瓦斯资源分布，如图 9—1 所示。全国主要含煤盆地（或煤田）煤层瓦斯含量见表 9—3。根据煤层瓦斯的赋存条件和开发利用程度对中国煤层瓦斯资源开发的有利区进行了划分：一类有利区为河东、淮南、淮北、西山、韩城、晋城、屯留、吴堡、铁法；二类有利区为六盘水、阳泉、焦作、府谷、平顶山、鹤壁、开滦、松藻、阜新；三类有利区为双鸭山、鸡西、南桐、抚顺、丰城、中梁山（据孙茂远等，1995）。1990 年以来，全国已有 30 多个矿区投入或进行煤层瓦斯资源的勘探和试生产工作，已完成钻井 94 口，取得了大批储层测试参数和丰富的煤层瓦斯资源勘探开发的经验。

综上所述，中国煤炭资源丰富，分布范围广，煤层瓦斯资源量大，开发的潜力也大，具有广阔的发展前景。应在加强和完善目前矿井煤炭开采过程中的煤层瓦斯资源开发的前提下，总结经验，增加投入，增强煤层瓦斯资源勘探力度；进一步加强煤层瓦斯分布规律的研究，利用研究成果指导煤层瓦斯的开发与利用。

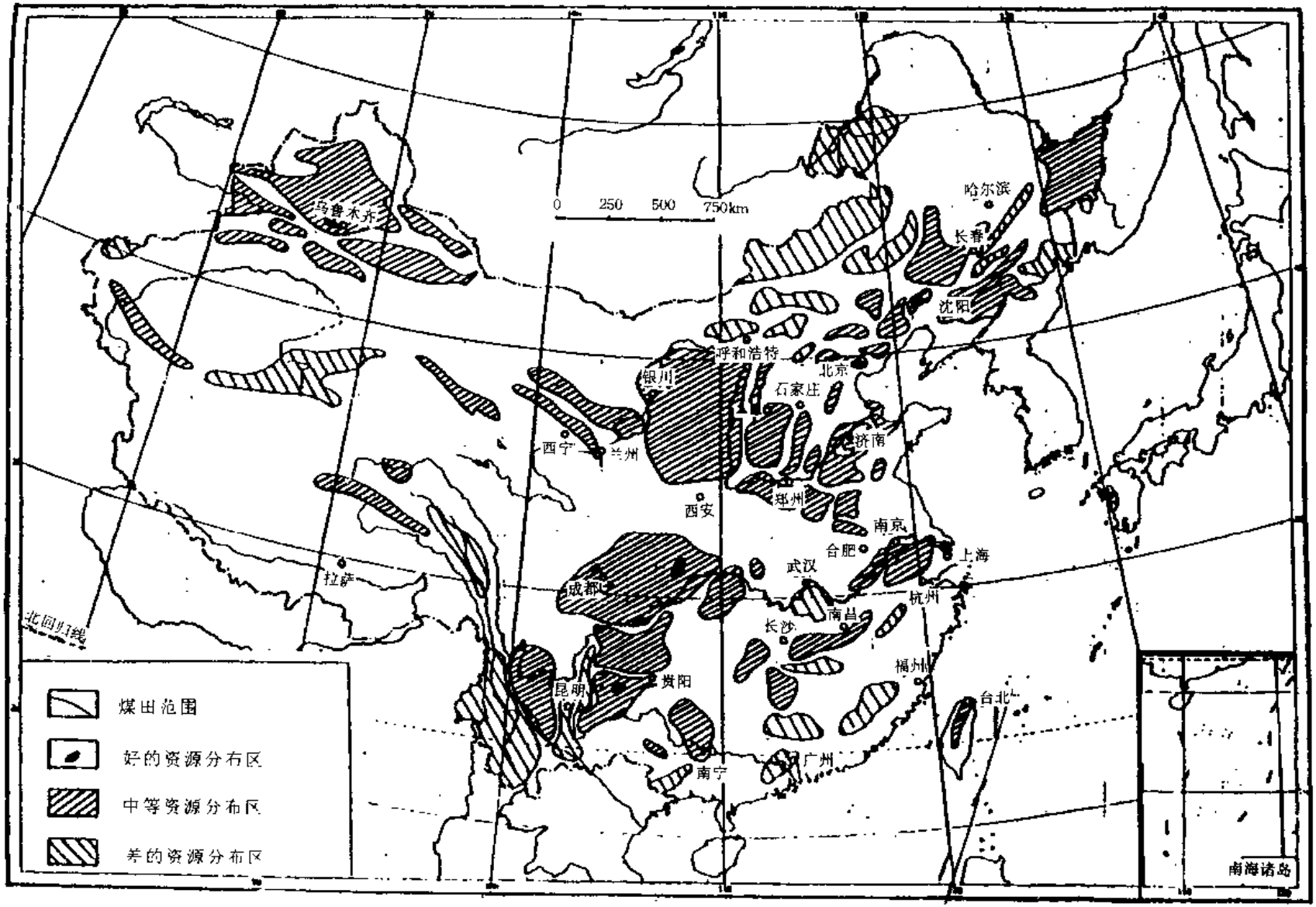


图 9 1 中国煤层瓦斯资源分布图

（据李明潮等）

表 9—3 中国主要含煤盆地平均煤层瓦斯含量表（据李明潮等）

含煤盆地	煤　　种	瓦斯含量（m^3/t）
鄂尔多斯	长、不、气、肥、无、弱、焦、瘦、贫	7.25
四川	气、焦、贫、无	11.27
准噶尔、吐哈	长、不、弱、气、焦	5.29
三江穆棱	气、焦、褐、长、瘦、贫、无	7.67
沈北梅河	褐、长、无	9.04（抚顺 9.11～24.53）
土门	弱、肥、焦、贫、无	3.22
台北	长、气	6.23
大同宁武	气、弱、肥	5.65
豫北	肥、无、褐、焦、贫	6.44
乌丽	贫	7.43
沁水	瘦、贫、无、肥、焦	8.34（阳泉 17.42～24.91）
淮南	气	6.40
鲁西	气、肥	4.37
涟邵	无、长、焦、瘦、贫	7.67
萍乡乐平	无、气、肥、焦、瘦、贫	11.46
六盘水	肥、焦、贫、无	8.60
阜新	长、气	9.63
昌都	不、肥、焦、瘦、无	2.60

注：长—长焰煤；不—不粘煤；气—气煤；肥—肥煤；无—无烟煤；弱—弱粘煤；焦—焦煤；瘦—瘦煤；贫—贫煤；褐—褐煤。

参 考 文 献

[1] 中国统配煤矿总公司：1∶200 万中国煤层瓦斯地质图，西安地图出版社，1992. 8。

[2] 中国统配煤矿总公司：1∶200 万中国煤层地质图编制，西安地图出版社，1992. 8。

[3] 杨起、韩德馨：中国煤田地质学《上册》，煤炭工业出版社，1979。

[4] 韩德馨、杨起：中国煤田地质学《下册》，煤炭工业出版社，1979。

[5] 程裕淇：中国区域地质概论，地质出版社，1994. 9。

[6] 钱大都、魏斌贤、李钰：中国煤炭资源总论，地质出版社，1996. 8。

[7] 万天丰：中国东部中、新生代板内变形构造应力场及其应用，地质出版社，1993. 9。

[8] 李瑞玲、胡天玉、魏建平：1∶2500000 中国煤田预测图说明书，测绘出版社，1991. 12。

[9] 吴俊：中国煤成烃基本理论与实践，煤炭工业出版社，1994. 3。

[10] 赵师庆：实用煤岩学，地质出版社，1991. 7。

[11] 李春昱、郭令智、朱夏：板块构造基本问题，地震出版社，1986。

[12] 杨起等：华北石炭—二叠纪煤变质特征与地质因素探讨，地质出版社，1988。

[13] 王鸿桢、杨巍然、刘本培：华南地区古大陆边缘构造史，武汉地质学院出版社，1987。

[14] 王鸿桢、杨森南：中国东部及邻区中、新生代盆地发育及大陆边缘区的构造发展，地质学报，1983 (3)。

[15] 关士聪主编：中国中新生代陆相盆地发育、沉积与油气，石油出版社，1987。

[16] 杨起主编：煤地质学进展，科学出版社，1987。

[17] 焦作矿业学院瓦斯地质研究室：瓦斯地质概论，煤炭工业出版社，1990. 8。

[18] 王佑安、杨思敬：煤和瓦斯突出危险性的某些特征，煤矿安全，1980 (1)。

[19] 于不凡：煤和瓦斯突出机理，煤炭工业出版社，1985。

[20] 金奎励等著：当代煤及有机岩研究新技术，地质出版社，1997. 3。

[21] 中国煤炭学会瓦斯专业委员会：瓦斯地质论文集，煤炭工业出版社，1995. 9。

[22] 李学诚、王省身：中国煤矿通风安全工程图集，中国矿业大学出版社，1995。

[23] 丁旭初、张文涛：中国大陆东部现今构造应力状态，地震学报，1988 (1)。

[24] 李思田：断陷盆地分析与聚煤沉积规律，地质出版社，1988。

[25] 任纪舜等：中国大地构造及其演化，科学出版社，1985。

[26] 李河名、费淑英等：中国煤的煤岩煤质特征及变质规律，地质出版社，1988。

[27] 李瑞生、顾谷声等：中国的含煤地层，地质出版社，1994. 3。

[28] 李明潮、梁生正、赵克镜：煤层气及其勘探开发，地质出版社，1996. 6。

[29] 杨力生：我国煤矿开展瓦斯地质研究现况与展望，瓦斯地质，1985 (1--2)。

[30] 杨力生：我国煤矿瓦斯地质研究工作蓬勃发展，瓦斯地质，1986 (1—2)。

[31] 卞政修 李颐年：淮南煤田瓦斯地质特征及其预测，瓦斯地质，1987 (3—4)。

[32] 成恒棠：焦作矿区煤田瓦斯分布及煤层瓦斯预测，瓦斯地质，1986 (1—2)。

[33] 罗开南：用瓦斯地质观点分析南桐矿区煤与瓦斯突出，瓦斯地质，1987 (3—4)。

[34] 张九龄：北票矿区瓦斯地质分析，瓦斯地质，1985 (3—4)。

[35] 兴连泽：抚顺煤田瓦斯地质分析，瓦斯地质，1985 (3—4)。

[36] 王殿恒：萍江煤田瓦斯与推覆构造的关系，瓦斯地质，1985 (3—4)。

[37] 董乾泰：山西煤田瓦斯赋存规律的探讨，瓦斯地质，1987 (3--4)。

[38] 孔令义：焦坪矿区瓦斯地质因素探讨，瓦斯地质，1987 (3—4)。

[39] 袁崇孚：构造煤和煤与瓦斯突出，瓦斯地质，1985 (1—2)。

[40] 彭立世：煤与瓦斯突出预测的地质指标，瓦斯地质，1985 (1--2)。

[41] 戴金星、裴锡古、戚厚发主编：中国天然气地质学，卷一，石油工业出版社，1992。
[42] 傅家谟、刘德汉主编：天然气运移、储集及盖层条件，科学出版社，1992。
[43] 韩德馨、任德贻、郭敏泰：浙江长广树皮煤的成因，沉积学报，1983 (1)。
[44] 王照曾等：中国煤田的形成与分布，科学出版社，1992。
[45] 沈修志、刘德良等：华北南部盆地逆冲推覆构造特征与煤成气关系，南京大学学报(地球科学)，1993 (2)。
[46] 吕绍林、曹建萍：阳泉五矿井田瓦斯地质特征及煤层瓦斯含量预测，焦作工学院学报，1993 (4)。
[47] 张子敏：关于我国煤层瓦斯的若干问题，《中国科学技术文库》，科学技术文献出版社，1997. 10。
[48] 谈庆明、俞善炳、朱怀球、郑哲敏：含瓦斯煤在突然卸压下的开裂破坏，煤炭学报，Vol. 22 №5，1997. 10。
[49] 张子戌：突出危险区域的构造应力集中，焦作工学院学报，1997. 3 。
[50] 张玉贵：构造煤的动力变质及其演化特征，煤田地质与勘探，1996. 4。
[51] 高建良：灰色系统理论在掘进工作面瓦斯预测中的应用，煤炭工程师，1996. 3。
[52] 吕绍林、刘明举：低瓦斯矿井高产高效工作面瓦斯涌出规律，焦作工学院学报，1996. 5。
[53] 张子敏、张瑞林、张连发：潭村煤矿设瓦斯巷综放面瓦斯分布及涌出特征，焦作工学院学报，1998. 6。
[54] 景国勋：瓦斯涌出的灰色预测，煤矿安全，1994，№4。
[55] 张光德：张家口前山煤矿瓦斯地质分析及瓦斯预测，瓦斯地质，1989 (1－2)。
[56] 秦祥基：对淮南潘集二号井煤层瓦斯与地质构造关系浅析，焦作矿业学院学报，1993，№2。
[57] 张建国：搞好瓦斯抽放促进安全高效，平顶山煤炭，1996. 1。
[58] 黄家会、陆国桢：马家沟矿构造煤分布规律及特征研究，瓦斯地质，1991 (1－2)。
[59] 郑先智：南桐矿区煤与瓦斯突出预测，瓦斯地质，1990 (3－4)。
[60] 谢晋珠、张汉萍：萍乡白源新井瓦斯预测，瓦斯地质，1989 (1－2)。
[61] 官振光：运用瓦斯地质方法预测梅田一矿深部突出危险，瓦斯地质，1989 (3－4)。
[62] Van Kreveten, D. W., 1961, Coal (Typology－Chemistry—Physics－Constitution), Elsevier Publishing Company, PP111—126, 309—348.
[63] E. Stach etc: Stach's ediction textbook of coal petrology third edition, 1982.
[64] Lindsey T. Tachson: Outburst in coal mines. IEA Coal Rearch, London, 1984.
[65] Colin R. Ward: Coal Geology and coal Technology. Australia, 1984.